



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

GIOVANNA DE SÁ TABOSA

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA MELHORIA DE PROCESSOS EM
UMA INDÚSTRIA MULTINACIONAL DO RAMO DE EMBALAGENS DE ALUMÍNIO**

Caruaru
2021

GIOVANNA DE SÁ TABOSA

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA MELHORIA DE PROCESSOS EM UMA
INDÚSTRIA MULTINACIONAL DO RAMO DE EMBALAGENS DE ALUMÍNIO**

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: Gestão da Produção.

Orientador: Profº. Dr. Rodrigo Sampaio Lopes.

Caruaru
2021

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

T114a Tabosa, Giovanna de Sá.
Aplicação da metodologia DMAIC para melhoria de processos em uma indústria multinacional do ramo de embalagens de alumínio. / Giovanna de Sá Tabosa. – 2021.
44 f. ; il. : 30 cm.

Orientador: Rodrigo Sampaio Lopes.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Engenharia de produção, 2021.
Inclui Referências.

1. DMAIC. 2. Perdas no processo. 3. Processo produtivo. I. Lopes, Rodrigo Sampaio (Orientador). II. Título.

CDD 658.5 (23. ed.)

UFPE (CAA 2021-018)

GIOVANNA DE SÁ TABOSA

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA MELHORIA DE PROCESSOS EM UMA
INDÚSTRIA MULTINACIONAL DO RAMO DE EMBALAGENS DE ALUMÍNIO**

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.

Aprovada em: 26/04/2021.

BANCA EXAMINADORA

Profº. Dr. Rodrigo Sampaio Lopes (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Profª. Drª. Marcele Elisa Fontana (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Profº. Dr. Osmar Veras Araújo (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos meus pais que incentivaram e apoiaram toda minha formação acadêmica, sem medir esforços e sempre acreditando que tudo é possível para superar os meus desafios. Ao meu irmão, por também me apoiar e ajudar em tudo que precisei ao longo desses anos. E assim, agradeço a toda minha família que é um pilar muito importante na minha vida.

Agradeço aos meus amigos de colégio, que em toda fase universitária sempre estiveram comigo. Aos meus amigos que conquistei na Universidade Federal de Pernambuco, que tornaram a jornada universitária mais fácil, por todas as noites de estudo, por todo apoio, incentivos e ensinamentos que foram essenciais para que eu chegasse à reta final muito orgulhosa e com a consciência de dever cumprido.

Ao meu supervisor de estágio da fábrica, que tanto compartilhou seus conhecimentos profissionais e contribuiu bastante para o meu crescimento profissional, ao supervisor de produção da planta, que sempre me incluiu nos projetos de melhoria contínua da fábrica, meus sinceros agradecimentos por todo apoio e direcionamento profissional.

Aos professores do curso de Engenharia de Produção por estimular continuamente o melhor desempenho ao curso e oportunizar meu desenvolvimento acadêmico, transmitindo a busca incansável pelo conhecimento e apreço ao curso. Ao meu orientador Rodrigo Lopes, por toda dedicação, profissionalismo e atenção em todas as etapas do presente trabalho, a coordenadora do curso que sempre me ajudou em todos desafios encontrados na etapa do estágio, que me proporcionou a realização do projeto base para o presente trabalho.

RESUMO

O presente trabalho apresenta a aplicação da metodologia DMAIC em uma indústria multinacional do ramo de embalagens de alumínio, no complexo industrial de SUAPE, Pernambuco. O objetivo deste trabalho foi a aplicação da metodologia para resolução de problemas, e assim, reduzir desperdícios oriundos do processo produtivo. A indústria opera em processo contínuo, no qual as paradas não programadas das máquinas geram um impacto significativo em seus custos de produção, trazendo a necessidade da melhoria contínua do processo produtivo. Diante da proposta, é realizado a contextualização histórica deste sistema, explicação de seus princípios básicos bem como o detalhamento da metodologia utilizada. Os resultados obtidos ressaltam a importância da identificação da causa raiz do problema e seu acompanhamento com base no plano de ação realizado, garantindo assim a melhoria contínua, redução de desperdícios e aumento dos lucros da organização, tendo a oportunidade de alcançar resultados ainda melhores com a continuidade da aplicação da metodologia para outros problemas também recorrentes da indústria.

Palavras-chave: DMAIC, Melhoria de Processos, Redução de Perdas, Processo Produtivo.

ABSTRACT

The study presents the application of the DMAIC methodology in a multinational industry in the field of aluminum packaging, in the SUAPE industrial complex, Pernambuco. The objective of this study was the application of the methodology for solving problems, and thus, reducing waste arising from the production process. The industry operates in a continuous process, in which the unscheduled stops of the machines generate a significant impact on their production costs, bringing the need for continuous improvement of the production process. Given the proposal, the historical contextualization of this system is carried out, explanation of its basic principles as well as the detailing of the methodology used. The results obtained underline the importance of identifying the root cause of the problem and its follow-up based on the action plan carried out, thus guaranteeing continuous improvement, waste reduction and increased profits for the organization, with the opportunity to achieve even better results with continuity of the application of the methodology to other problems that are also recurring in the industry

Keywords: Process Improvement, Loss Reduction, Production Process.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	A Base do Sistema Toyota de Produção.....	15
Figura 2 –	Os sete tipos de perdas	18
Figura 3 –	Diagrama de <i>Ishikawa</i>	21
Figura 4 –	Formulário dos 5 Porquês	23
Figura 5 –	Formulário do <i>5W2H</i>	24
Figura 6 –	Fluxograma do Processo Produtivo	27
Figura 7 –	Produtos finais da fábrica	28
Figura 8 –	Vacuostato	29
Figura 9 –	Tacômetro	29
Figura 10 –	Empacotamento de Tampas no <i>Conveyor</i>	31
Figura 11 –	Descrição do <i>5W2H</i>	33
Figura 12 –	<i>Brainstorming</i>	34
Figura 13 –	Diagrama de <i>Ishikawa</i>	34
Figura 14 –	Método dos 5 porquês	35
Figura 15 –	Plano de Ação	36
Figura 16–	Caixa de roletes	36
Figura 17–	Sensores do <i>scanner</i>	37
Figura 18–	Inversor de frequência	37
Figura 19–	Sopro na saída da prensa	38

LISTA QUADROS

Quadro 1 –	Fatores determinantes do OEE	19
Quadro 2 –	Etapas e atividades do modelo proposto	25
Quadro 3 –	Parâmetros de processo das prensas	29
Quadro 4 –	Custos dos desperdícios relacionados ao projeto	40

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Gráfico de pareto do ETCO.....	31
Gráfico 2 – Gráfico de intervalos de ETCO	32
Gráfico 3 – Resultados obtidos	39
Gráfico 4 – Comparação dos desperdícios	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<i>OEE</i>	Eficiência Global dos Equipamentos
<i>5W2H</i>	<i>What, Why, Where, When, Who, How, How much</i>
<i>DMAIC</i>	<i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i>
<i>ETCO</i>	Empacotamento de Tampas no Conveyor
<i>Conveyor</i>	Mesa de Transferência

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA	13
1.2	OBJETIVO GERAL	13
1.3	OBJETIVO ESPECÍFICO	14
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO.....	15
2.2	O <i>LEAN MANUFACTURING</i>	16
2.2.1	Fluxo Contínuo	17
2.2.2	Perdas no Processo Produtivo	18
2.2.3	Indicadores de Desempenho	19
2.3	O <i>LEAN SIX SIGMA</i> e o DMAIC	20
2.4	FERRAMENTAS APLICADAS.....	20
2.4.1	Gráfico de Pareto	20
2.4.2	Diagrama <i>Ishikawa</i>	21
2.4.3	<i>Brainstorming</i>	22
2.4.4	Os 5 Porquês	22
2.4.5	Ferramenta <i>5W2H</i>	23
3	METODOLOGIA	25
3.1	DESCRIÇÃO DA EMPRESA	26
3.1.1	Processo Produtivo	26
3.1.2	Parâmetros do Processo	28
4	ESTUDO DE CASO	30
4.1	ETAPA DEFINIR	30
4.2	ETAPA MEDIR	31
4.3	ETAPA ANALISAR	32
4.4	ETAPA MELHORAR	35
4.5	ETAPA CONTROLAR	38
5	DISCUSSÕES GERENCIAIS	40
6	CONCLUSÕES	41
	REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

A contínua necessidade da melhoria de processos faz surgir diversas metodologias dentro das organizações, e para que elas se mantenham competitivas no mercado, é fundamental o gerenciamento dos processos produtivos, buscando-se reduzir perdas e falhas em seu processo como um todo, melhorando, assim, a produtividade e permitindo ao máximo que seus equipamentos estejam disponíveis para produção.

De forma estruturada e extensa ocorreu o início dos processos industriais, através da Revolução Industrial no início do século XVIII, na Inglaterra, com grandes mudanças no setor de produção. A manufatura foi, então, mecanizada, com a introdução das máquinas a vapor, uma revolução extraordinária e nova para contribuir com a produção de mercadorias, onde foi transformando a introdução de técnicas inovada que foram ocorrendo com o passar dos anos (NUNEZ; BORSATO, 2015).

Jones e Mitchell (2006) sugeriram que a gestão enxuta oferece quatro benefícios significativos para uma organização. Em primeiro lugar, aumento da produtividade dentro da organização, porque os mesmos trabalhadores podem conseguir uma maior produção com os mesmos recursos. Em segundo lugar, a entregas mais rápidas por meio do aumento da eficiência. Terceiro, a qualidade aumenta, devido à redução no número de erros. Finalmente, o aumento dos níveis de satisfação força de trabalho e dos clientes.

O aumento de produtividade e redução de custo combinado com o avanço tecnológico e aumento de demanda de mercado tem a obrigação de evoluir paralelamente, contudo na mesma velocidade para que se atinja o plano desejado (MORAIS, 2020). Para que as organizações sejam competitivas no mercado, a inovação e o conceito da manufatura enxuta e a padronização de processos é imprescindível nos dias atuais. Além da padronização, vale ressaltar, também, a estabilização dos processos. Quanto menor a variabilidade dos parâmetros de processos, mais estável ele é considerado.

Silva (2019) pontuou as atividades de manufatura com os métodos apresentado com mudanças decorrentes dos avanços tecnológicos importantes, definidos pela integração das tecnologias e dos processos de produção. Desse modo, as organizações alcançam seus objetivos produzindo com qualidade seus produtos, implementando os seus sistemas de produção de maneira efetiva, com mudança de pensamento, e necessidade de sistemas de gestão produtiva para aumentar a sua competitividade.

Segundo Deming (1992), para que exista melhorias é necessária a existência de padrões, visto que “não se gerencia o que não se mede, não se mede o que não se define, não se define o que não se entende”. Os padrões devem estar ao alcance da equipe de desenvolvimento, para que sejam facilmente entendidos e melhorados sempre que necessário. Desse modo, a empresa deve buscar atingir indicadores de desempenho de cada área do processo produtivo, seja ela manutenção mecânica, elétrica, qualidade ou qualquer setor que viabilize padrões a seres seguidor e metas a serem atingidas. A padronização de processos evita a ocorrência de determinados defeitos.

O presente trabalho foi realizado com base nos conceitos de produção enxuta tendo como principal fundamento a metodologia DMAIC, uma ferramenta muito importante para percepção do funcionamento e, sobretudo, na identificação de desperdícios da fábrica. A ferramenta proporcionou um segmento estratégico de identificação da causa raiz do problema. O estudo técnico foi realizado conjunto com a equipe do *Lean Manufacturing* na indústria em questão, com o apoio do supervisor e técnicos de produção.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

O desenvolvimento do presente trabalho tem como base uma unidade industrial do ramo metalúrgico onde produz embalagens, latas e tampas de alumínio, se posicionando como uma terceirizada de indústrias de bebidas em geral, uma empresa multinacional situada no complexo industrial SUAPE, a *Ball Beverage Can South America*.

O estudo de caso é direcionado na melhoria específica, onde será analisado um dos problemas de maior geração de perdas do produto acabado no processo produtivo, chamado de *spoilage*, para que essa perda seja mínima, visando uma maior produtividade para organização.

1.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do presente trabalho é aplicar a metodologia DMAIC com base nos conceitos do *Lean Manufacturing*, para o processo de produção de tampas com a finalidade reduzir os desperdícios gerados de produto acabado, reduzindo assim os custos e aumentando os lucros da indústria se baseando em um plano de ação proposto por toda a equipe de trabalho. O projeto foi realizado na fábrica de tampas, e se utilizou recursos técnicos e teóricos para que o objetivo fosse alcançado.

1.3 OBJETIVO ESPECÍFICO

Tem-se como objetivo específico a diminuição do desperdício e sucata de matéria prima, e tendo como consequência a diminuição dos custos atribuídos à produção do produto acabado. O que impacta negativamente nos custos atrelados ao produto final.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho de conclusão de curso está estruturado em capítulos, descritos em sequência. No Capítulo 1 é apresentada a introdução ao assunto, seguido assim do seu objetivo geral e seu objetivo específico e a estrutura. O capítulo 2 compete o referencial teórico com revisões de literatura, facilitando assim o entendimento de alguns conceitos da engenharia de produção, bem como os conceitos do *Lean Manufacturing* e o DMAIC, que é considerada a metodologia principal do presente trabalho. No capítulo 3 foi abordado a metodologia do trabalho, detalhando como foi realizado e estruturado, bem como a descrição da empresa, o detalhamento do seu processo produtivo e seus parâmetros. Logo após no capítulo 4 tem-se o estudo de caso de si, onde foi feito a análise de dados e proposição de metas a serem seguidas de acordo com o passo a passo do DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). O capítulo 5 é atribuído para discussões gerenciais para demonstrar como o resultado impacta no sistema. Por fim, o capítulo 6 aborda a conclusão do estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão apresentados teorias e conceitos sobre o sistema de produção enxuto, bem como sua importância dentro das organizações, e a aplicação da metodologia DMAIC juntamente com o *Lean Manufacturing* para garantir a melhoria contínua dos processos produtivos em uma organização.

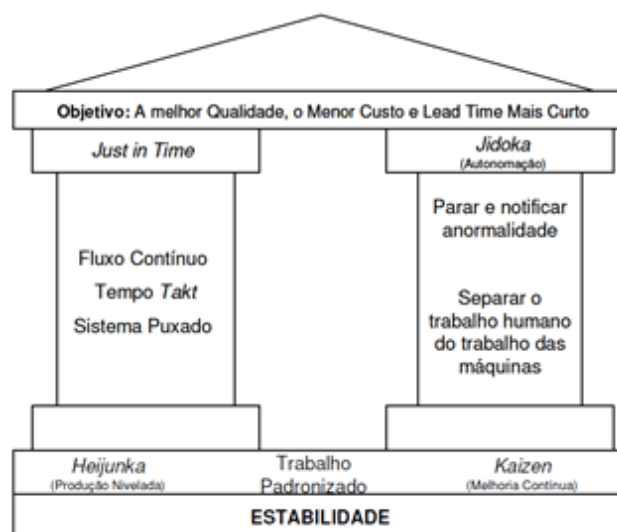
2.1. O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

O avanço tecnológico e o desenvolvimento do conhecimento humano não são suficientes para garantir a eficiência e a eficácia de atividades se não for executada uma administração de qualidade possibilitando que sejam aplicados de forma efetiva os recursos materiais e humanos (CHIAVENATO, 2004).

Os preceitos da Produção Enxuta, que se originou do Sistema Toyota de Produção consideram como principal fundamento a eliminação de desperdícios através da melhoria contínua dos processos, tornando essa melhoria constante, mesmo que seja pouco a pouco, o foco principal é que sempre algo esteja mudando para melhor nas organizações.

A origem da filosofia de produção enxuta vem do final da Segunda Guerra Mundial, momento em que a indústria japonesa automobilística, especialmente a *Toyota Motor Company*, tentou superar o modelo americano através da utilização de novos métodos que tinham como linha base produzir mais com menos (SHINGO, 1996).

Figura 1 – A Base do Sistema Toyota de Produção



Fonte: Dennis, 2008 (Adaptado).

Na figura 1 é representado a base e pilares do STP. O Sistema Toyota de Produção tem como base a estabilidade dos processos e a sua padronização, e tem como pilares o *just in time* e o *jidoka*. Possui foco principal no cliente, com a filosofia de produzir mais produtos com menos recursos, e garantindo um *lead time* mais curto.

Historicamente, a produção tem acompanhado o desenvolvimento de diversos sistemas inovadores de produção e encontrado um valioso número de conceitos na administração da produção. A administração da produção, dentro da engenharia da produção norte-americana, no início do século XX, colocou atenção e destaque na melhoria drástica das operações e processos, ou seja, na efetividade do trabalho das pessoas e na melhoria das máquinas (ANTUNES et al., 2008).

A necessidade de reduzir perdas no processo produtivo surge a partir da evolução dos sistemas de produção, que se inicia com o artesanato, posteriormente a produção em massa, evoluindo para a produção enxuta que é onde se dá o conceito do *Lean Manufacturing*, com a finalidade de otimizar o sistema de produção puxado.

Assim, podemos entender o *Lean Manufacturing* ou Manufatura Enxuta e o Sistema Toyota de Produção, como filosofias que buscam produzir mais com menos recursos, mantendo sua qualidade, e reduzindo todos os possíveis desperdícios ao longo do processo produtivo. Para isso serem estabelecidos são utilizados diversos recursos e ferramentas.

2.2. O LEAN MANUFACTURING

Entendemos o *Lean Manufacturing* (manufatura enxuta) como um conjunto de ferramentas que auxilia na identificação e eliminação do desperdício, melhora a qualidade e permite reduzir o tempo e o custo de produção. Na definição, também percebemos que os termos japoneses usados pela Toyota também estão fortemente difundidos, principalmente no que diz respeito às suas ferramentas, cujo objetivo é a melhoria de processos. O *Lean Manufacturing* é uma filosofia utilizada na empresa em questão para melhoria contínua dos processos produtivos.

A ideia central é maximizar o valor do cliente e minimizar o desperdício. Simplesmente *Lean* significa criar mais valor para clientes com menos recursos. Uma organização enxuta entende o valor do cliente e concentra seus principais processos para aumentá-lo continuamente. O objetivo final é fornecer valor perfeito ao cliente por meio de um processo perfeito de criação de valor que não desperdiça nada.

Para conseguir isso, o pensamento enxuto muda o foco do gerenciamento de otimizar tecnologias separadas, ativos e departamentos verticais para otimizar o fluxo de produtos e serviços por meio de fluxos de valor inteiros que fluem horizontalmente entre tecnologias, ativos e departamentos até os clientes.

O pensamento enxuto é uma rotina cíclica de buscar a perfeição através da eliminação de desperdícios e, dessa forma acrescentar valor ao cliente. Isso significa que todas as atividades intermediárias que necessitem de recursos, tempo e dinheiro, mas não agregam valor para o cliente devem ser eliminadas. Eliminar atividades desnecessárias irá resultar em um processo mais eficiente (WOMACK E JONES 1992).

Outro conceito bastante utilizado no *Lean Manufacturing* é o conceito de melhoria contínua. Segundo Reis (2007), a melhoria contínua é baseada em um conceito japonês denominado *kaizen*, que consiste no ponto principal da filosofia da qualidade total, qual seja, a ideia da busca contínua de melhorias em tudo o que é feito em uma organização. Significa melhoria gradual e contínua de todos os produtos e serviços, descobrindo no dia-a-dia a forma de tornar os processos cada vez mais eficientes, mais econômicos e mais confiáveis. Este conceito envolve o desenvolvimento de uma cultura de aperfeiçoamento constante em todas as atividades da empresa.

Um dos desafios do *Lean Manufacturing* é que as empresas limitam sua implementação ao chão de fábrica, e deixando a desejar em sua área administrativa, reduzindo assim os benefícios e ganhos com a metodologia enxuta.

O objetivo da manufatura enxuta é melhorar continuamente os processos de produção. Diferentemente das abordagens tradicionais, o *Lean Manufacturing* incentiva os funcionários a resolver seus próprios problemas no local de trabalho e os capacita a interromper os processos sempre que detectam defeitos ou anormalidades (SIM E ROGERS, 2008; VINODH E KUMAR 2015). Suas práticas facilitam a identificação eficiente de problemas, a análise de causas-raiz e a solução e prevenção de problemas. Espera-se que processos eficazes de solução de problemas aumentem a produtividade.

2.2.1 Fluxo Contínuo

Conforme Braga (2008), o fluxo contínuo contribui para a redução do lead time dos produtos, com reorganização e rearranjo do *layout* criando um ambiente favorável para o fluxo ordenado.

Complementa ainda, que o fluxo contínuo se caracteriza pela movimentação ordenada e contínua de peças, com um tempo mínimo de espera entre as etapas e a menor distância de deslocamento de peças e pessoas.

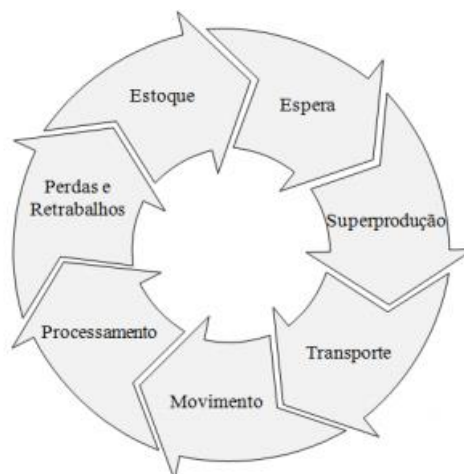
O fluxo contínuo é uma importante característica das indústrias, principalmente quando o fluxo é realizado através de máquinas e equipamentos. Com uma máquina seguida da outra, tem-se o risco de gargalos. Quando uma para, a próxima máquina ou a próxima etapa que dá continuidade ao fluxo contínuo também para, interrompendo assim a produção como um todo.

2.2.2 Perdas no Processo Produtivo

Mensurar as perdas geradas no processo produtivo é fundamental para realizar análises e identificações de melhorias. As mesmas não agregam valor ao produto e com essa mensuração fica mais fácil garantir a sobrevivência de uma organização que está em meio ao mercado competitivo. Elas acabam gerando custos e dificultando que a organização consiga se destacar no seu setor, dentro desse contexto situam-se a produção de itens defeituosos, a movimentação desnecessária, a inspeção de qualidade, capacidade ociosa, entre outros.

Em meio a esse contexto de perdas, é importante relacionar a filosofia da produção enxuta, que segundo (SLACK,2006) o foco dessa filosofia está na eliminação de todas as formas de perdas, ou seja, a eliminação das atividades que não agregam valor. Para conseguir eliminar as perdas, é fundamental identificá-las durante o processo produtivo. A Toyota apresentou 7 tipos de perdas que são denominadas como: perdas por superprodução, por espera, por movimentação, por estoque excessivo, no transporte, no processamento, pela fabricação de produtos defeituoso.

Figura 2 – Os sete tipos de perdas



Fonte: Adaptado de Shpgingo (1996).

2.2.3 Indicadores de Desempenho

Segundo Godoy (2009), “é de fundamental importância que se tenha em mente que os indicadores de desempenho são conceitos que buscam exprimir um ou mais aspectos da realidade”.

Outra forma de analisar e identificar oportunidades a serem realizadas na empresa é medir o índice de eficiência global dos equipamentos, para assim intervir com algum projeto de melhoria. Segundo (HANSEN,2006), o *OEE* é uma poderosa ferramenta de controle dos indicadores de produção utilizada para obtenção no aumento dos lucros.

O *OEE* é um indicador que procura analisar a eficiência dos equipamentos, sempre buscando o equilíbrio entre produção, qualidade e performance, alinhado às estratégias de manutenção. Aperfeiçoando qualquer uma destas variáveis pode chegar a melhorar a qualidade, a produtividade, os custos, a satisfação do cliente, a segurança no trabalho, dentre outros.

Segundo (AZEVEDO,2004), *OEE* não serve para comparar uma máquina com outra, e sim para analisar os pontos fracos de cada uma delas. Ou seja, é utilizado como ferramenta de medições, e não para comparar áreas distintas da fábrica. Vale ressaltar que as melhorias identificadas por esse indicador não necessitam de grandes investimentos. O quadro a seguir mostra os fatores determinantes para o *OEE*.

Quadro 1 – Fatores determinantes do OEE

Disponibilidade do Equipamento	Performance Ocupacional	Qualidade dos Produtos
Quebra/ Falha	Ociosidade	Refugo
Preparação ou ajustes	Pequenas paradas	Retrabalho
Desgaste de ferramentas	Velocidade Reduzida	Perdas por início de produção

Fonte: Adaptado de Moraes (2004).

O indicativo de disponibilidade do equipamento demonstra a porcentagem de tempo em que o equipamento funcionou, também indica a porcentagem de tempo que ficou parado com seus devidos motivos. O desempenho está diretamente ligado com a velocidade das linhas motoras e ociosidade nos recursos administrados, e a qualidade indicam a má qualidade e reprovação do produto feito pelo equipamento (MORAES, 2004).

2.3 LEAN SIX SIGMA e o DMAIC

O método DMAIC está inserido na metodologia Seis *Sigma*, e ele indica o caminho a ser seguido para o desenvolvimento de planos de ação que visam eliminar ou mitigar as causas inerentes ao problema, dando sustento a uma melhoria continuada (HOLANDA; SOUZA; FRANCISCO, 2013).

As práticas do DMAIC facilitar a identificação eficiente de problemas, a análise de causas-raiz e a solução e prevenção de problemas. Espera-se que processos eficazes de solução de problemas aumentem a produtividade, qualidade e disponibilidade dos equipamentos.

A evolução do programa *Six Sigma* de gestão da qualidade popularizou a metodologia DMAIC, uma abordagem estruturada de melhoria de processos que dá suporte a esse programa (ROTONDARO, 2002; SCHROEDER et al., 2008).

Segundo Montgomery e Woodall (2008), o DMAIC é um método de resolução de problemas estruturado usado na melhoria da qualidade de processos que encoraja o pensamento criativo sobre o problema e sua solução no âmbito da definição do produto, processo ou serviço.

Para Werkema (2004) o Seis Sigma consiste um modelo sequenciado que tem como meta aumentar a lucratividade das organizações, por meio de incrementos na qualidade de produtos e processos e ainda na melhoria da satisfação dos clientes e consumidores. A utilização das técnicas do *Lean Six Sigma* foi fundamental para o andamento do estudo, pois deu-se um norte de por onde e como começar as atividades de melhoria, seguindo passo a passo do DMAIC.

2.4. FERRAMENTAS DO LEAN SIX SIGMA

Existem várias ferramentas que são indicadas para aplicação durante a aplicação da metodologia DMAIC em todas as suas etapas, as quais serão especificadas apenas as que foram utilizadas neste estudo de caso, uma vez que a metodologia, e consequentemente suas ferramentas, podem ser aplicadas de forma diferente a depender do contexto abordado.

2.4.1 Gráfico de Pareto

O princípio de Pareto estabelece que os problemas relacionados à qualidade que se traduzem sobre a forma de perdas, e podem ser classificados como poucos vitais ou muitos triviais. Os

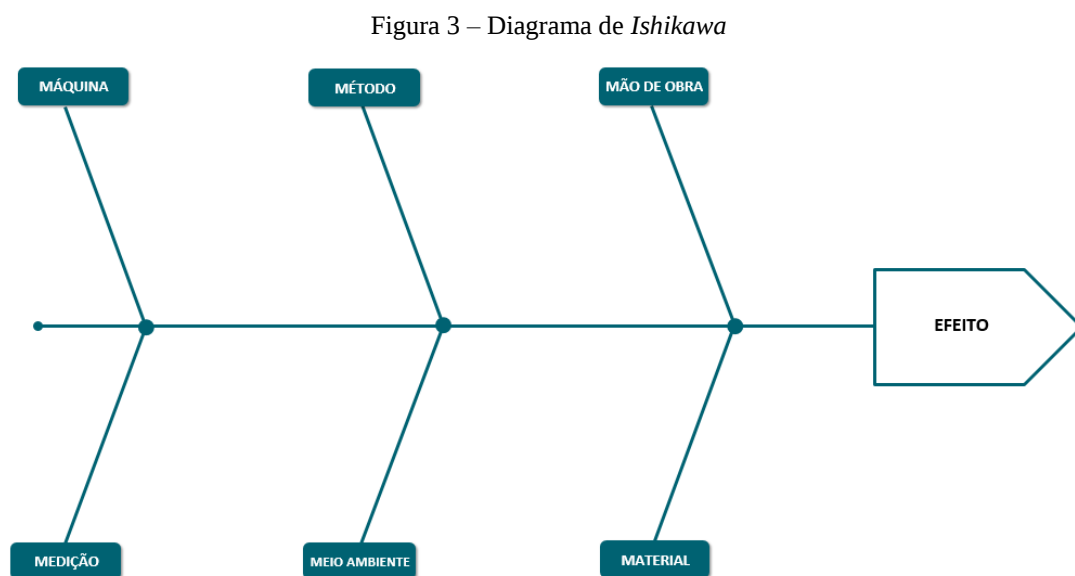
poucos vitais são aqueles que, apesar de serem em menor quantidade, representam grandes perdas para a empresa. Os muito triviais são os problemas que se convertem em perdas pouco significativas, apesar de serem numerosos. Em outras palavras, a atuação sobre 20% dos problemas apresentados pode ocasionar reduções de cerca de 80% nas perdas da organização. (COSTA, A.F.B., APPRECHT, ET AL.,2004). O gráfico de pareto utilizado da forma correta é uma ferramenta essencial no ambiente organizacional, classificando assim os maiores impactos e proporcionando uma tomada de decisão precisa em relação aos problemas definidos.

2.4.2. Diagrama Ishikawa

O diagrama de *Ishikawa* simplifica processos considerados complexos dividindo-os em processos mais simples e, portanto, mais controláveis (TUBINO, 2000). Esta ferramenta é um método bastante efetivo na busca das raízes do problema (SLACK, 2009).

O diagrama de *Ishikawa*, de acordo com Werkema (1995), é uma ferramenta utilizada para expor a relação existente entre o resultado de um processo, e as causas que tecnicamente possam afetar esse resultado. De acordo com Moura (2003), esta é uma ferramenta útil para análise dos processos de forma a identificar as possíveis causas de um problema.

Também chamado de diagrama de causa efeito, é baseado categorias: máquinas, meio ambiente, medidas, materiais, métodos e mão-de-obra. São considerados os 6Ms do diagrama de *Ishikawa*. A figura a seguir evidencia a estrutura do diagrama e sua classificação.



Fonte: Adaptado de Ishikawa (1993).

2.4.3. *Brainstorming*

Brainstorming é uma técnica de geração de ideias. Na língua inglesa, o termo *brain* significa cérebro enquanto que *storming* significa tempestade. A versão, na língua portuguesa, seria uma “explosão de ideias”. (MINICUCCI, 2001).

O *brainstorming* nada mais é do que uma reunião de atmosfera informal que como finalidade a geração de novas ideias com foco na inovação. Qualquer pessoa pode participar do *brainstorming*, de especialistas à curiosos. O objetivo principal é analisar e apontar as causas de determinado problema, e é uma ferramenta que pode ser usada por qualquer pessoa das organizações.

2.4.4. Os 5 Porquês

Uma técnica simples, mas efetiva a ferramenta Análise de “5 Porquês” ajuda a entender as razões da ocorrência do problema começando com o estabelecimento do problema e a pergunta “porquê o problema aconteceu? ” (JOHNSTON, CHAMBERS e SLACK, 2002).

Desenvolvida por Taliche Ono, pai do Sistema de Produção Toyota, a técnica de análise dos “5 Porquês” consiste em formular a pergunta “Por quê” cinco vezes para compreender o que aconteceu e assim possa encontrar a causa raiz do problema. Porém, nada impede que sejam feitas mais (ou menos) que 5 perguntas até que chegue a causa raiz podendo ser concluída sem uma análise estatística.

A análise por que se inicia com a determinação de um problema e segue com a pergunta por que o problema ocorreu. Para esta nova resposta, ou causa, novamente é perguntado por que, e assim sucessivamente, até que a causa fundamental seja definitivamente encontrada, esgotando-se todas as hipóteses (SLACK, 2009). Entende-se que a resolução do problema só é feita de forma eficaz quando se ataca a “raiz do problema”, aquilo que realmente veio a ocasionar o erro ou a falha analisada. Caso contrário, a falha com certeza irá se repetir mesmo que o problema seja corrigido.

Figura 4 – Formulário dos 5 Porquês

PRINCIPAIS CAUSAS	1º POR QUÊ?	2º POR QUÊ?	3º POR QUÊ?	4º POR QUÊ?	5º POR QUÊ?
ESCREVER CAUSA PRINCIPAL 1	FAZER COM QUE A CAUSA VIRE UMA PERGUNTANDO, SEMPRE INICIANDO COM POR QUÊ EX. CAUSA PRINCIPAL 1: Inspeção nos produtos acabados PERGUNTA: POR QUÊ É FEITO INSPEÇÃO NOS PRODUTOS ACABADOS? 1º POR QUÊ?: OS PRODUTOS ACABADOS SÃO ENVIADOS SEM INSPEÇÃO PERGUNTA: POR QUÊ OS PRODUTOS ACABADOS SÃO ENVIADOS SEM INSPEÇÃO? 2º POR QUÊ?: NÃO EXISTE CONTROLE FREQUENTE PARA INSPEÇÃO DE PRODUTOS ACABADOS E ASSIM, POR DIANTE...				
ESCREVER CAUSA PRINCIPAL 2					
ESCREVER CAUSA PRINCIPAL 3					
ESCREVER CAUSA PRINCIPAL 4					
ESCREVER CAUSA PRINCIPAL 5					

Fonte : Adaptado de Ohno (1997).

2.4.5. Ferramenta 5W2H

O 5W2H é uma série de perguntas a serem seguidas para resolver determinado problema que vem a surgir na empresa, funcionando como uma espécie de *check list*, sendo cada pergunta essencial para o desenvolvimento da resolução do problema questionado.

As perguntas que são aplicadas são: *what* (o que será feito?); *why* (por que será feito?); *where* (onde será feito?); *when* (quando?); *who* (por quem será feito?); *how* (como será feito?); *how much* (quanto vai custar?).

Para cada meta ou atividade a ser executada ocorre o estabelecimento das ações a serem realizadas bem como o planejamento destas ações através do estabelecimento de prazos, nomeação de responsáveis e a forma como as ações serão desenvolvidas, na forma de um cronograma (CANDIDIO, 2009).

A figura a seguir mostra um exemplo de formulário do 5W2H, passo a passo a ser preenchido.

Figura 5 – Formulário do 5W2H

DESCRIÇÃO DO FENÔMENO
O que? O que identifica o problema? (percepção, queixa, efeito)
Onde? Onde você observou o problema? (linha, máquina, local, etc)
Quando? Quando o problema ocorre ou ocorre? (momento, circunstância, periodicidade, incidência regular, intermitência)
Quem? O problema tem relação com habilidade, organização ou outros fatores ergonômico ou humanos?
Qual? Qual o padrão, tendência, variabilidade, etc, que você identifica no problema?
Como? Como ou em que estado observado difere do normal/ótimo?
Quanto? Qual o valor do desperdício/perda atual?
Sequência: Como?, O quê?, Onde?, Quando?, Quem?, Qual?, Quanto

Fonte: Adaptado de Oliveira (1996).

3 METODOLOGIA

Este capítulo é dedicado ao desenvolvimento metodológico com a finalidade de atender aos objetivos dispostos na parte introdutória deste trabalho. A proposta do estudo é a aplicação do DMAIC com o objetivo de melhorar a eficiência produtiva da linha de produção da fábrica de tampas em uma multinacional do ramo de embalagem de alumínio, situada em SUAPE. No quadro 2 a seguir, são evidenciados cada etapa do DMAIC, com seus correspondentes de ação, objetivo e as ferramentas a serem utilizadas no estudo de caso.

Quadro 2 – Etapas e atividades do modelo proposto

Etapas	Entradas	Atividades	Ferramentas	Saídas
<i>Define</i> (Definir)	Descrever o problema e avaliar seu impacto e resultados financeiros da empresa; Selecionar projetos que serão utilizados na busca de solução dos problemas; Definir as metas que devem ser alcançadas.	Definir o escopo do projeto: importância, equipe, cronograma.	Coleta de Dados; Estratificação.	Definição do Problema; Escopo; Planejamento do projeto.
<i>Measure</i> (Medir)	Definir quais as características do projeto que deverão ser monitoradas, de que forma os dados serão obtidos e registrados e quais as especificações do projeto.	Determinar o foco do problema, verificar a confiabilidade dos dados e coletar dados.	Diagrama de Pareto; Gráfico de Intervalos.	Gráfico de perdas por máquina; Medição dos parâmetros das máquinas.
<i>Analyze</i> (Analisar)	Analisar os dados e os processos envolvidos; Determinar as causas que contribuem para o baixo desempenho do processo.	Analisar o processo para determinar as causas potenciais do problema.	<i>Brainstorm</i> ; Diagrama de <i>Ishikawa</i> ; 5 Porquês; 5W2H.	Causas-raízes dos problemas.
<i>Improve</i> (Melhorar)	Gerar ideias a respeito das soluções potenciais para a eliminação das causas dos problemas detectados na etapa anterior. Verificar se a solução escolhida pode ser implementada em larga escala.	Identificar e avaliar as soluções prioritárias e aperfeiçoá-las.	Plano de Ação.	Plano de ação; Melhorias realizadas.
Control (Controlar)	Aplicar a solução da quarta etapa em larga escala e controlar o desempenho do processo ao longo do tempo; Padronizar as alterações realizadas no processo com a adoção das soluções; Definir um plano de ações corretivas caso surjam problemas no processo.	Garantir que o alcance da meta seja mantido ao longo prazo e padronizar as alterações.	Gráfico de pareto; Manuais de procedimento padrão; Treinamentos.	Replicação horizontal das melhorias nas demais máquinas semelhantes.

Fonte: Adaptado de Werkema (2004).

Todo e qualquer projeto de melhoria de processos no setor produtivo precisa seguir uma metodologia que se adapte aos requisitos da proposta e atenda as metas a serem alcançadas. Mas, para isso é preciso que haja um planejamento. A metodologia DMAIC proporcionou uma lógica de raciocínio com clareza na causa raiz do problema e nas ações a serem realizadas para reduzir o problema, que se resume ao desperdício de matéria prima gerado no processo.

Quando o *spoilage* é gerado torna o nosso trabalho “inútil” pois a tampa produzida é jogada no lixo, trazendo prejuízos para a empresa. As principais causas desses desperdícios (*spoilage*) são paradas de máquina, descumprimento de rotina, atrasos de manutenção, dificuldades de definição de sua causa raiz e falta de treinamento técnico e/ou operacional. A finalidade do estudo é a redução do *spoilage*, que pode ser definido como produto com imperfeição física, deformidade, mau funcionamento, falha, avaria ou que causa danos.

3.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

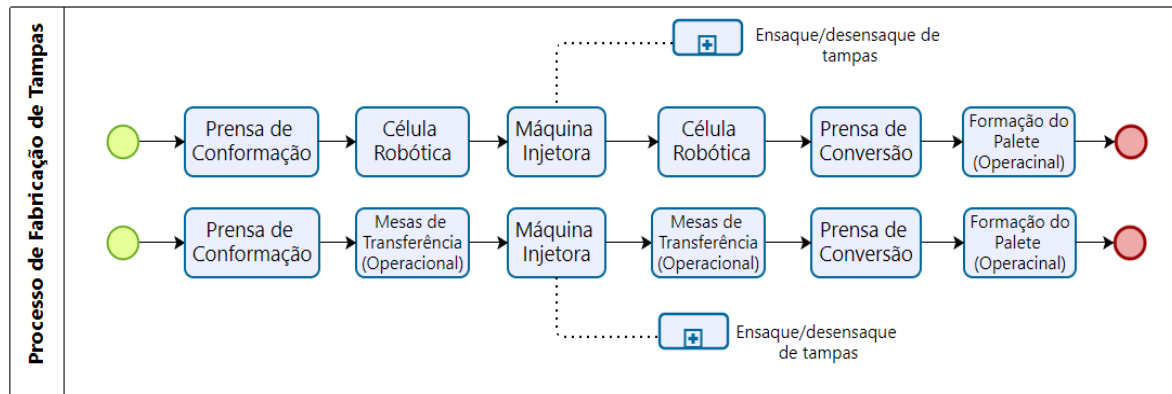
A empresa em questão é a multinacional, fornecedora de embalagens de alumínio para bebidas, alimentos e produtos domésticos, além de tecnologias e serviços aeroespaciais e outras para clientes comerciais e governamentais. Fundada em 1880, a empresa emprega mais de 17.600 pessoas em todo o mundo. Na América do Sul, a multinacional produz embalagem de alumínio para bebidas (latas e tampas).

3.1.1 Processo Produtivo

Para um maior entendimento do processo produtivo e das melhorias realizadas no estudo de caso, é importante que todo o processo seja mapeado. O processo produtivo é realizado de forma linear, onde as máquinas são dependentes umas das outras de acordo com suas etapas, então toda e qualquer parada de máquina impacta na produção final dos produtos.

A seguir, a figura 6 evidencia o passo a passo, de onde a tampa é conformada até chegar em sua fase final de formação do palete.

Figura 6 – Fluxograma do Processo Produtivo



Fonte: A autora (2021).

As bobinas de alumínio chegam na fábrica envernizadas e pintadas. O processo produtivo é dado por três principais máquinas. A primeira máquina conforma o molde da tampa também considerado como “tampa básica”, nela são dispostas 24 matrizes. São estas máquinas que suportam a parte inicial de todo o processo de fabricação da tampa, e cada uma delas conforma dois produtos diferentes. Na primeira máquina, além de cortar e conformar o alumínio, ele ainda passa por uma espécie de rebordadeira, que é uma etapa que faz uma borda lisa em torno da tampa. A máquina corta e conforma, dá o formato da tampa ao mesmo tempo, trabalhando juntas em um golpe só. Logo após essa etapa, a tampa é transportada dentro de um trilho por meio de ar comprimido, e depois são empilhadas e logo em seguida as tampas vão para uma máquina que irão empurrá-las e elas começam a fluir por meio de calhas e são transportadas por meio de calhas para a próxima máquina.

Logo após, a tampa chega na segunda máquina, onde vai ser injetado um composto que cola a tampa no corpo da lata, esse composto é o selante. Cada bico é responsável por injetar o selante na tampa sem encostar nela. Logo em seguida, a tampa passa em alta velocidade em uma espécie de scanner, onde esse scanner vai medir se realmente o selante alcançou todos os pontos da tampa, o que é considerado como um teste de qualidade dessa tampa, e caso não estiver nos parâmetros de conforme, essa tampa vai ser descartada dentro de uma caixa com a ajuda de um jato de ar.

E finalmente, a tampa passa na última máquina, onde recebe seu formato final e onde é conformado o anel. A mesmo tempo que a tampa básica com selante entra na máquina, há uma bobina de alumínio que vai sendo desenrolada para dar forma ao anel da tampa. Para transferência das tampas de uma máquina para outra, a fábrica se divide em dois módulos, um módulo automatizado que faz essas transferências por meio de robôs, e o outro módulo ainda manual, faz a transferência operacional das tampas por meio de mesas.

Logo após a tampa acabada ser conformada, ela passa por uma espécie de *scanner*, onde são analisados em milissegundos a qualidade da tampa por meio de um sensor que emite uma espécie de luz e caso haja significa que a tampa está vazando, e a cada dez segundos é realizado outro teste de qualidade por meio de ar comprimido por meio de um equipamento para comprovar que não há nenhum tipo de vazamento na tampa, e caso haja, o lote todo é inspecionado.

Além desses dois testes de qualidade, existem dois equipamentos que ficam numa ilha dentro da fábrica, onde são realizados outros tipos de testes por meio de tais equipamentos, onde há uma inspeção de amostras de produtos, que após passar pelos equipamentos são classificados em produtos conformes e não conformes, para que assim seja garantido uma qualidade total dos produtos. A imagem 7 a seguir, mostra algumas tampas acabadas já produzidas na fábrica, de diferentes modelos, que são considerados os produtos finais da fábrica.

Figura 7 – Produtos finais da fábrica



Fonte: A autora (2021).

4.1.2 Parâmetros do Processo

Os parâmetros que impactam no empacotamento de tampas no *conveyor* (mesa de transferência) foram todos mapeados e revisados. Foram eles a pressão de vácuo e velocidade das correias. Todos eles têm um parâmetro a ser seguido e um valor mínimo. O quadro 3 a seguir, mostra os experimentos medidos em uma determinada máquina, para assim estabelecer ações e tomada de decisão em relação ao que pode ser alterado para que todos os parâmetros fiquem dentro do padrão determinado pela gerência. Para realizar a medição dos parâmetros foram utilizados um vacuostato e um tacômetro.

Quadro 3 – Parâmetros de processo das prensas

Variável	Valor	Tolerância
Pressão de Vácuo	Medido em Pol H ₂ O	Possui valor mínimo e valor máximo em Pol H ₂ O
Velocidade das Correias	Medido em rpm	Possui valor mínimo e valor máximo rpm

Fonte: A autora (2021).

Os parâmetros de processo são de extrema importância, pois é por onde são baseados se os dados de velocidade e vácuo medidos estão corretos, e caso contrário estariam impactando negativamente no processo. Esses parâmetros podem ser variados por diversos motivos, um deles é as manutenções preventivas realizadas, que ao parar as máquinas e realizar os eventos de manutenção nem sempre elas voltam no parâmetro correto a ser seguido, e por isso é muito importante que a cada evento realizado os parâmetros sejam checados, garantindo assim seu funcionamento e eficiência produtiva.

Figura 8 – Vacuostato



Fonte: A autora (2021).

Figura 9 – Tacômetro



Fonte: A autora (2021).

A medição dos parâmetros foi realizada inicialmente por motivos de serem variáveis diretas que impactam nos resultados e performance das máquinas que conformam as tampas. Ao realizar todas as inspeções e ajustes, e obter todos os parâmetros dentro do especificado, a melhoria contínua foi realizada com base nas análises de causa raiz e plano de ação, possuindo como base a filosofia da manufatura enxuta e como metodologia o DMAIC (definir, mensurar, analisar, melhorar e controlar) para consolidar a redução de perdas no processo produtivo. Para que haja um maior controle e estabilidade no processo, os parâmetros serão medidos com uma frequência maior.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 ETAPA DEFINIR

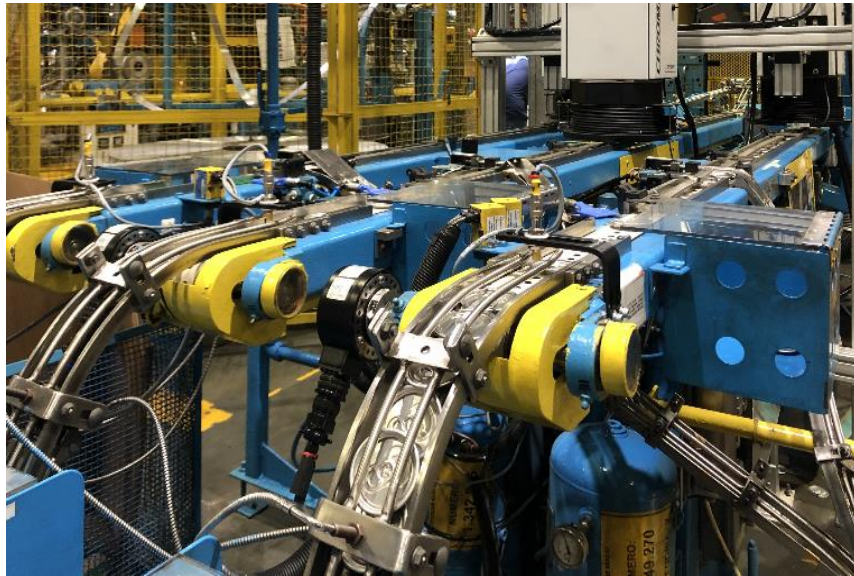
No ambiente industrial sempre existem oportunidades de melhoria nos processos produtivos. Mesmo existindo controle e metodologias rígidas há onde e o que ser melhorado para otimização dos processos, por esse motivo a melhoria é considerada contínua. Na empresa em questão, o desperdício de matéria prima é chamado de *spoilage*, representando as tampas não conforme que são descartadas, impactando diretamente e de forma negativa o custo industrial.

Inicialmente, para o desenvolvimento do estudo ocorreu o levantamento real dos dados, visando a obtenção das informações e detalhes necessários à formação dos indicadores de desempenho. Além disso, foi definido uma equipe de trabalho composta por funcionários da empresa como técnicos, operadores e supervisor para que a meta proposta fosse atingida e assim haver uma melhora no processo produtivo da fábrica.

Para a análise dos dados e proposição de metas, foi feito um estudo chamado de *baseline* com dados todos os dados de parada de máquinas do dia 01/06/20 a 31/08/20 (três meses). Com base nesses dados foi feita uma classificação de perda por máquina parada em minutos bem como o seu motivo de parada, e para cada perda seria feito um projeto com prazos e metas com a finalidade de diminuir tanto o *downtime* (tempo de máquina parada), como o número de ocorrências de parada de máquina por dia, de acordo com cada defeito de perda apresentado.

Ao realizar a análise dos motivos de parada de máquina, o empacotamento de tampas no *conveyor*, o ETCO, se destacou negativamente sendo o maior em ocorrências por dia. Sendo assim foi escolhido para o projeto. E para que houvesse um foco principal, as ocorrências de paradas por esse empacotamento de tampas foram classificadas por máquina, para realizar todas as possíveis melhorias e assim replicar nas outras máquinas, e o ganho ser gradativo. A situação problema é evidenciada na figura 10.

Figura 10 – Empacotamento de tampas no *Conveyor (ETCO)*

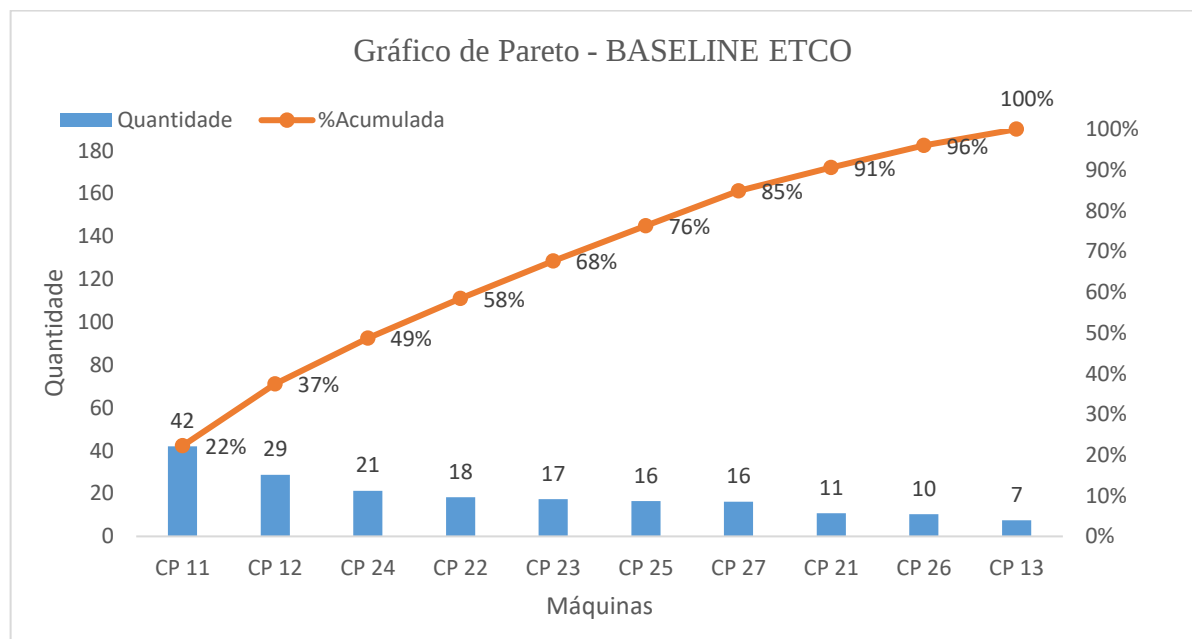


Fonte: A autora (2021).

4.3 ETAPA MEDIR

O código ETCO pode ser considerado o segundo maior código em ocorrências/dia de ineficiência da planta, com tendência de crescimento em relação aos dados anteriores. Além disso, é um grande gerador de desperdício (*spoilage*), sendo considerado o maior código em ocorrências de paradas de máquinas das prensas finais de conversão.

Gráfico 1 – Gráfico de pareto do ETCO



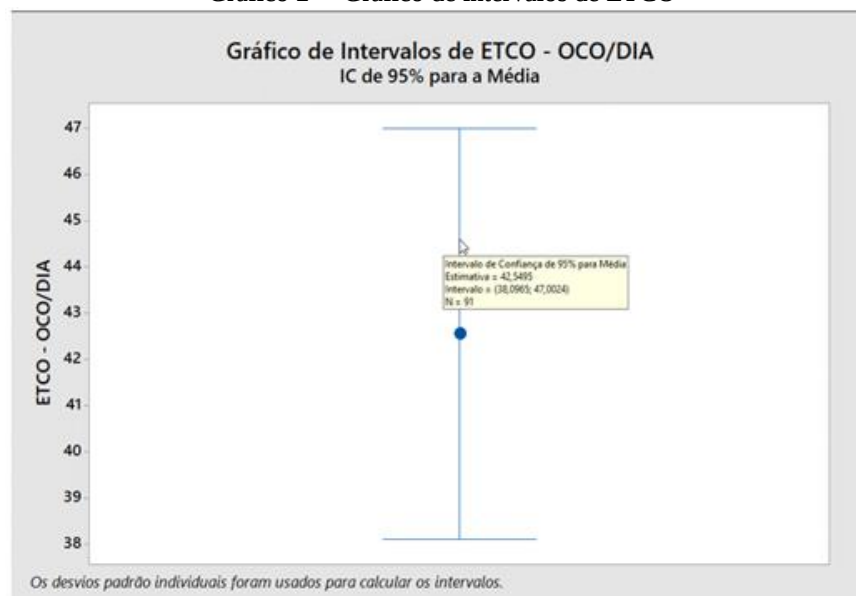
Fonte: A autora (2021).

Conforme gráfico de pareto de todas as prensas, a “CP11” foi a máquina que se destacou negativamente com a maior média de ocorrências de ETCO, com 42 ocorrências/dia, que representou uma perda de produção mensal de 3.780.968 milhões de tampas e custo de R\$ 16.704,94/mês.

O objetivo do projeto é reduzir as ocorrências de ETCO da prensa de conversão 11 em 24%, e como consequência a diminuição do *spoilage* por parada de máquina, que em ocorrências é a maior perda da planta nas máquinas de tampa acabada.

Com base no intervalo de confiança da média, qualquer valor abaixo de 38 ocorrência/dia é uma meta desafiadora. Foi definido uma meta de 31 ocorrências/dia. Uma meta de reduzir o ETCO da prensa 11 de uma média de 42 ocorrências/dia para 31 ocorrências/dia.

Gráfico 2 – Gráfico de intervalos de ETCO



Fonte: A autora (2021).

A partir das informações obtidas do *baseline*, deu-se objetivos e metas a serem cumpridas. O principal foco é melhorar o desempenho da produção diminuindo o tempo de parada de máquina por determinado defeito recorrente. E como consequência o aumento do lucro organizacional.

4.4 ETAPA ANALISAR

Foi criado um segmento estratégico para redução de perdas por ETCO na metodologia DMAIC, e para cada etapa realizada foi imposto um método a ser seguido e ferramentas a serem utilizadas, como mostrado na metodologia. De início, foi mapeado qual perda iria ser atacada de acordo o *baseline* e se foi mensurado o quanto essa perda impacta no processo de fabricação.

Para a análise, iniciou-se com a descrição do fenômeno com o 5W2H, onde todo o problema foi descrito de forma detalhada (O que, onde, quando, quem, como e quanto).

O 5W2H proporcionou uma maior organização das informações para identificação da causa raiz do problema e para o planejamento das ações a serem realizadas. Essa ferramenta leva em consideração todas as atividades a serem executadas de forma objetiva de forma que todas as perguntas feitas devem ser respondidas com clareza. A imagem a seguir mostra o formulário do 5W2H respondido de acordo com o problema estabelecido.

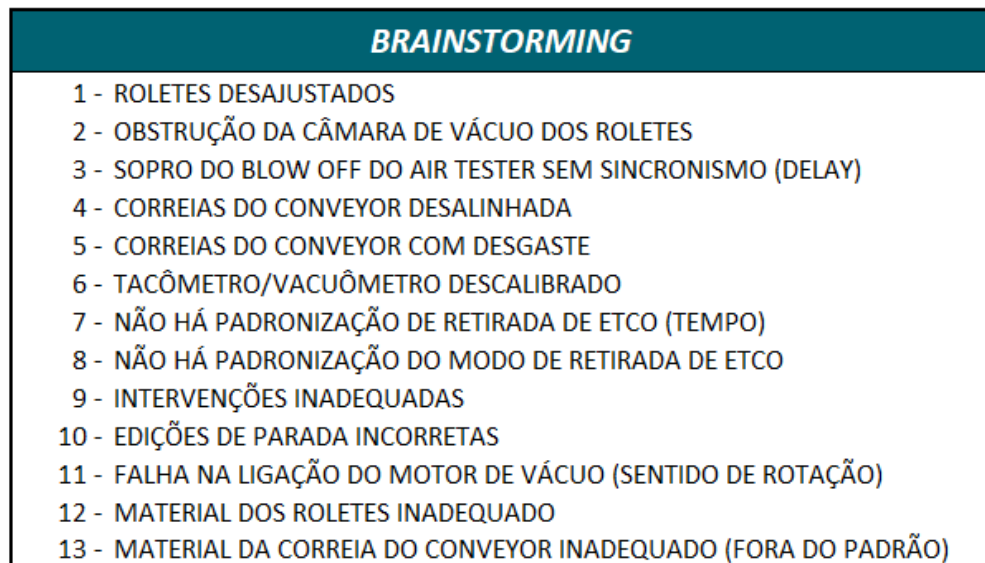
Figura 11 – Descrição do 5W2H

DESCRIÇÃO DO FENÔMENO - 5W2H	
O que? O que identifica o problema? (percepção, queixa, efeito)	Empacotamento de tampas no conveyor
Onde? Onde você observou o problema? (linha, máquina, local, etc)	Conveyors das prensas de conversões
Quando? Quando o problema ocorre ou ocorreu? (momento, circunstância, periodicidade)	Na transição das tampas da prensa para o conveyor, neste e na transferência para a bagger
Quem? O problema tem relação com habilidade, organização ou outros fatores ergonômico ou humanos?	Técnicos de produção no momento da montagem das correias. Operadores de produção na agilidade em retirar o empacotamento de tampas Técnicos no momento da instalação dos sensores de scanner cortando guias e alinhadores que davam estabilidade à tampa. Operadores na edição de paradas no software interno da empresa.
Qual? Qual o padrão, tendência, variabilidade, etc, que você identifica no problema?	Baseline com tendência de crescimento do downtime de ETCO. Gestão visual dos gráficos no software com meta de 10 ppm x turno.
Como? Como ou em que estado observado difere do normal/ótimo?	A partir da análise do baseline de 42 ocorrências/dia, 31 ocorrências/dia é um número desafiador, propondo uma redução de 24% do downtime por ETCO nas Conversion Press 11.
Quanto? Qual o valor do desperdício/perda atual?	No período do baseline (01/06/20 a 31/08/2020) a quantidade de paradas foi 42 ocorrências/dia, que representou uma perda de produção mensal de 3.780.968 milhões de tampas e custo de R\$ 16.704,94/mês, de acordo com o seu downtime.
Sequência: Como?, O quê?, Onde?, Quando?, Quem?, Qual?, Quanto Empacotamento de tampas nos conveyors de todas as Conversion Press na transição das tampas da prensa para o conveyor, neste e na transferência para a bagger. O problema tem relação com os técnicos de produção no momento da montagem das correias, com os operadores de produção na agilidade em retirar o ETCO e na edição errada de paradas no Plannor, com os técnicos no momento da instalação do Pressco cortando guias e alinhadores que davam estabilidade à tampa. O padrão de tendência de downtime é de crescimento de acordo com o baseline, também de acordo com a gestão visual dos gráficos de ocorrências de ETCO em ppm por turno. A partir da análise do baseline de 42 ocorrências/dia, 31 ocorrências/dia é um número desafiador, propondo uma redução de 24% do downtime por ETCO nas Conversion Press 11. No período do Baseline (01/06/20 a 31/08/2020) a quantidade de paradas foi 42 ocorrências/dia, que representou uma perda de produção mensal de 3.780.968 milhões de tampas e custo de R\$ 16.704,94/mês, de acordo com o seu downtime.	

Fonte: A autora (2021).

Após o problema ser detalhado, houve a necessidade de fazer um *brainstorming*, onde por meio de uma reunião informal foram destacadas as principais variáveis que fizesse com que o problema acontecesse, para que depois essas causas fossem exploradas de forma minuciosa. O *brainstorming* foi realizado por todas as pessoas envolvidas no estudo, bem como o corpo técnico de chão de fábrica.

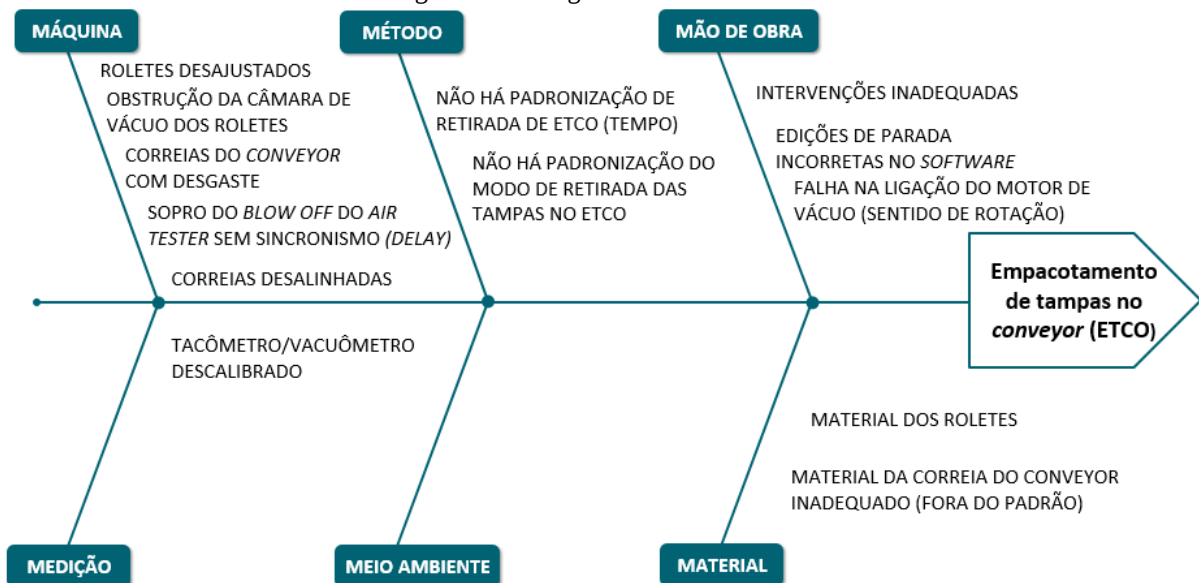
Figura 12 – Brainstorming



Fonte: A autora (2021).

De acordo com o *brainstorming*, foi feito um gráfico de espinha de peixe, classificado de acordo com os 6M's (máquina, medição, método, meio ambiente, mão de obra e material). Sua utilização teve como objetivo apresentar visualmente todas as possíveis causas e as relações com o problema identificado.

Figura 13 – Diagrama de causa e efeito



Fonte: A autora (2021).

Após identificar e classificar todas as variáveis que impactam negativamente o processo, para as mais importantes foram inseridas ações no plano de ação do projeto, com prazos determinados e responsáveis, para assim cada uma das variáveis serem estudadas e resolvidas. O método dos 5 porquês foi utilizado para identificar também a causa raiz do problema, e os motivos foram estratificados. O método ajudou a compreender as razões da ocorrência do ETCO e assim obter

um segmento para o plano de ação. Ao identificar a causa raiz no 5º por quê, foram planejadas ações a serem realizadas posteriormente.

Figura 14 – Método dos 5 porquês

5 PORQUÊS					
PRINCIPAIS CAUSAS	1º POR QUÊ?	2º POR QUÊ?	3º POR QUÊ?	4º POR QUÊ?	5º POR QUÊ?
Baixa pressão de vácuo	Obstrução na câmara de vácuo	Muita sujeira	Acúmulo de tampas	Não se remove as tampas com frequência	Falta de rotina de limpeza na câmara de vácuo
	Diâmetro do furo da correia fora do padrão	Erro na aplicação a correia (local de uso)	Falta de padrão do tipo de correia	Diminuição da quantidade de compra das correias originais	Projeto antigo de redução de custos
Roletes desajustados	Roletes em má condição de funcionamento	Regulagem mal feita	Falta de padronização no ajuste	Falta de treinamento	Não há procedimento
Emenda irregular das correias	Emenda mal realizada	Baixa qualidade das correias	Falta de habilidade dos técnicos	Falta de padrão na vulcanização das correias	Não há procedimento

Fonte: A autora (2021).

4.5 ETAPA MELHORAR

Para melhoria do processo produtivo, foi realizado um plano de ação com a finalidade do mapeamento e controle de prazo das ações necessárias para melhorias. No plano de ação foram dispostas ações a longo imediatas e também a médio prazo. As ações possíveis e com recursos já disponíveis na fábrica foram realizadas com o apoio de toda a equipe técnica apta a intervir nas máquinas. Além disso, foram identificadas melhorias agregaram com uma grande diferença no processo produtivo. Essas melhorias foram acompanhadas diariamente até o término do projeto para assim serem validadas de replicadas nas demais máquinas.

Figura 15 – Plano de Ação

Plano de Ação					
		OK 100%	No Prazo 0%	Atrasado 0%	
Nº	Ação	Quem	Quando	Status	
1	Trocar material dos roletes empurradores da câmara de vácuo de	Cicero	30/08/2020	OK	
2	Criar rotina de retirada das tampas da câmara de vácuo dos roletes	Paulo	02/09/2020	OK	
3	Criar rotina limpeza da câmara de vácuo dos roletes	Paulo	02/09/2020	OK	
4	Centralizar os roletes da câmara de vácuo em relação a tampa	Fábio	12/09/2020	OK	
5	Centralizar a correia de transporte das tampas em relação as guias	Koloda	12/09/2020	OK	
6	Analisar a redução da velocidade da correia do <i>conveyor</i>	Cicero	16/09/2020	OK	
7	Informar aos operadores o impacto do tempo de retirada do ETCO	Paulo	16/09/2020	OK	
8	Criar rotina de lançamento dos dados de processo no sistema	Paulo	10/09/2020	OK	
9	Confeccionar dispositivo <i>poka yoke</i> de ajuste dos roletes da câmara	Paulo	30/09/2020	OK	
10	Compra de um novo vulcanizador de correias	Moacir	01/09/2020	OK	
11	Treinamento técnico de vulcanização das correias	Moacir	08/09/2020	OK	
12	Disponibilizar LPP da vulcanização das correias na sala dos técnicos	Giovanna	10/09/2020	OK	
13	Instalar <i>drives</i> para ajuste de velocidade dos <i>conveyors</i>	Priscila	02/09/2020	OK	
14	Eliminar locais de difícil acesso nos <i>conveyors</i> das máquinas	Cristiano	15/09/2020	OK	
15	Realizar ajuste no sopro de saída do <i>conveyor</i>	Rildo	30/08/2020	OK	
16	Restaurar guias danificadas	Cicero	30/08/2020	OK	
17	Redefinir posicionamento dos sensores do <i>scanner</i>	Priscila	05/09/2020	OK	

Fonte: A autora (2021).

Como foi visto, de acordo com o *brainstorm* e diagrama de causa e efeito, uma das principais causas do empacotamento de tampas é a caixa dos roletes. Então, foi realizado a troca do material dos roletes empurradores da câmara de vácuo, de um material de nylon para um material de aço, melhorando assim sua eficiência. Foi inserido a limpeza e retirada tampas da caixa de roletes numa rotina de troca de lâmina, que geralmente acontece em um intervalo de tempo de 6 em 6 horas, a centralização dessa câmara de vácuo em relação a passagem de tampas também foi uma das ações realizadas.

Figura 16 – Caixa de roletes



Fonte: A autora (2021).

Inicialmente foi realizado ajustes de altura nos sensores de um tipo de *scanner*, esse sensor captura e identifica tampas não conformes para serem descartadas. Tal sensor estava muito próximo as tampas, ocasionando assim um empacotamento delas em algumas situações, principalmente quando o vácuo do *conveyor* não estava dentro dos parâmetros ideais estabelecidos.

Figura 17 – Sensores do *scanner*



Fonte: A autora (2021).

Com o apoio da equipe elétrica, foi implementado um inversor de frequência no *conveyor*, para proporcionar flexibilidade de velocidade com segurança e precisão, para que assim não ocasione empacotamento de tampas configuradas pela variação da velocidade, como acontecia anteriormente sem o inversor.

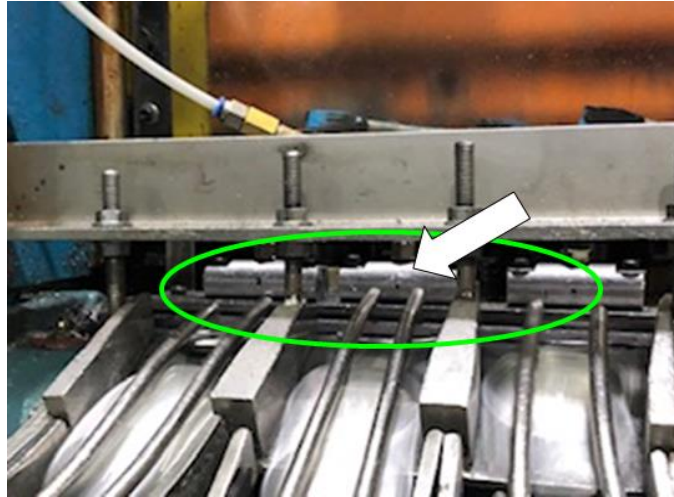
Figura 18 – Inversor de frequência



Fonte: A autora (2021).

Para que a tampa realizasse um movimento mais preciso enquanto na saída da prensa, o ângulo do sopro que empurrava as tamas na saída da prensa foi alterado, fazendo com que elas caíssem de forma regular e não empacotassem uma nas outras.

Figura 19 – Sopro na saída da prensa



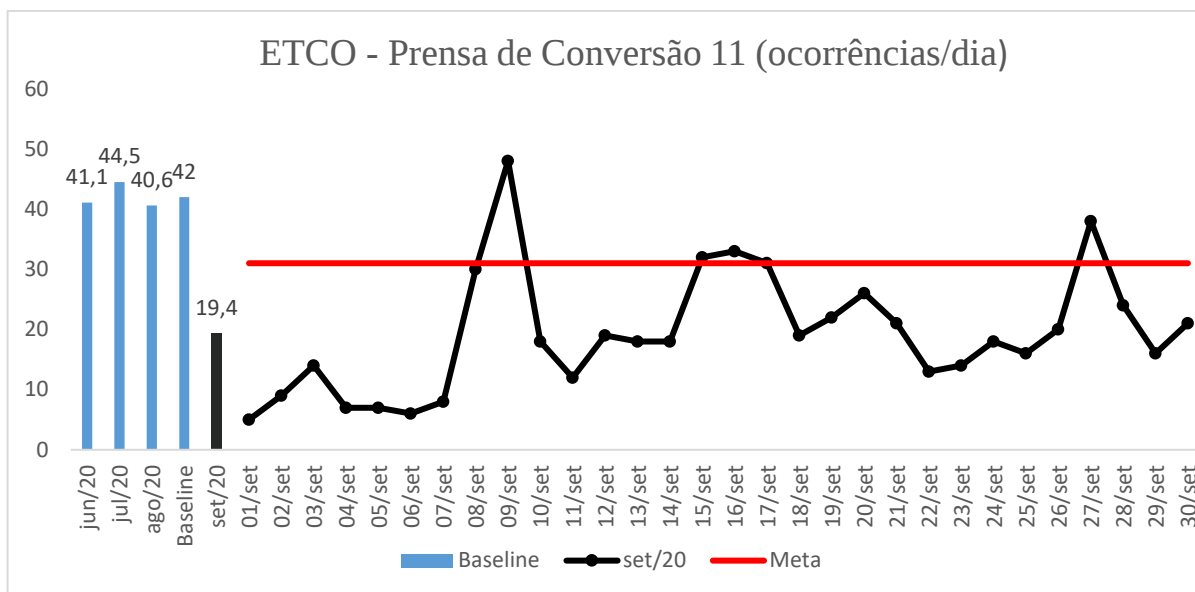
Fonte: A autora (2021).

4.6 ETAPA CONTROLAR

Como mencionado anteriormente, para realização das melhorias, foi escolhida uma máquina “piloto”, a máquina que possuiu maior impacto no processo, onde foram feitos todos os ajustes e implementações de melhorias, que ao serem acompanhados e validados foram replicados para as demais máquinas. Após todo o projeto e plano de ação, a redução do desperdício por empacotamento de tampas no *conveyor* (ETCO), o resultado final atingiu a meta esperada.

O gráfico 3 representa o acompanhamento em ocorrências por dia da quantidade de paradas de máquinas diante da meta estabelecida para o projeto.

Gráfico 3 – Resultados obtidos



Além do alcance da meta de 24% de ocorrências/dia de ETCO, obteve-se uma redução de 46%, representando quase o dobro da meta proposta. Estima-se um *saving* de R\$ 950 mil/ano, quando esse valor é projetado mensalmente, e replicado para as demais máquinas. Inicialmente a perda de produção mensal em tampas era de 3,114 milhões de tampas, e a perda atual representa 1,360 milhões de tampas em apenas uma máquina. Uma redução de 1,754 milhões de tampas. A redução final do projeto foi bastante significativa, representando um total de aproximadamente 46,4%.

Após o plano de ação ser executado e os experimentos realizados, o comportamento do empacotamento de tampas foi analisado e acompanhado diariamente. Devido a sua melhora significativa, as ações de melhorias foram replicadas para as outras máquinas.

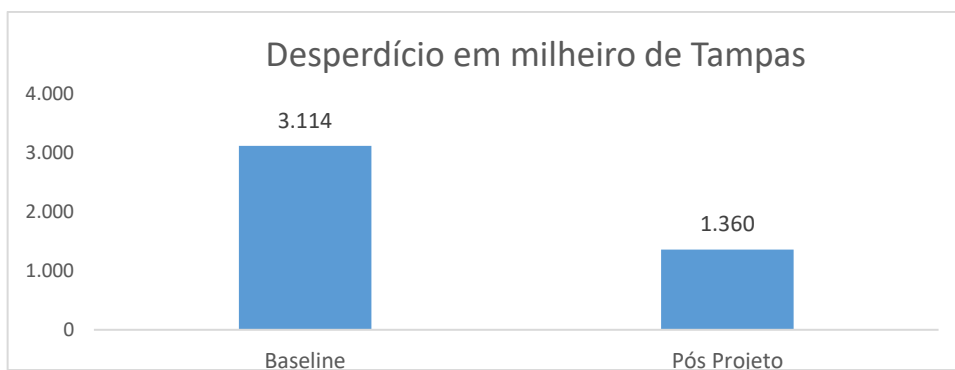
Foi instalado também um drive em cada uma das máquinas, a troca dos roletes do *conveyor* que estavam desgastados prejudicando a eficiência das máquinas, os treinamentos de como retirar as tampas no *conveyor* foi reforçado com a equipe técnica, e um *checklist* de inspeção de correias foi aplicado a rotina dos técnicos.

A restauração dos componentes fora do padrão operacional das demais máquinas também foram realizadas, foi realizado a limpeza, troca de material, implementado um procedimento de ajuste técnico e realizado treinamento com os envolvidos no processo.

5 DISCUSSÕES GERENCIAIS

O resultado da aplicação da metodologia DMAIC no estudo de caso foi satisfatório e impactou positivamente a organização. A redução de custos foi o principal retorno com o projeto finalizado, proveniente da redução do *spoilage* de tampas acabadas da fábrica. O gráfico 4 a seguir evidencia a quantidade de tampas (em milheiro) antes e depois do projeto finalizado, o que representa uma significativa melhora.

Gráfico 4 – Comparação dos desperdícios



Fonte: A autora (2021).

Para mensurar e entender o quanto o projeto impactou positivamente no custo da empresa, o quadro 4 a seguir mostra os custos dos desperdícios relacionados ao projeto. Na coluna “*Baseline*” são os custos referente ao período de coleta de dados, na coluna “*Pós Projeto*” são os custos dos desperdícios após o projeto ser finalizado, e na coluna “*Saving*” são os custos que foram deixados de perder em consequência de todas as melhorias realizadas. De acordo com o resultado obtido na prensa de conversão 11, uma redução de 46% no *spoilage*, foram projetados os mesmos resultados para que houvesse uma replicação em todas as máquinas mensalmente, e anualmente. Assim, os custos se tornaram mais claros e evidenciou o quanto os desperdícios impacta na organização.

Quadro 4 – Custos dos desperdícios relacionados ao projeto

Custos	<i>Baseline</i>	<i>Pós Projeto</i>	<i>Saving</i>
Mensal (1 máq.)	R\$ 16.704,94	R\$ 7.295,30	R\$ 9.409,64
Mensal (10 máq.)	R\$ 167.049,36	R\$ 72.952,99	R\$ 94.096,37
Anual	R\$ 2.004.592,37	R\$ 875.435,89	R\$ 1.129.156,47

Fonte: A autora (2021).

Um maior investimento na padronização dos processos, inclusão de novas inspeções nos *checklists* de processo com um período de tempo mais curto para que não haja tamanha variabilidade, bem como a realização de treinamentos periódicos são ações importantes que ajudarão na melhoria e estabilização do processo produtivo.

6 CONCLUSÃO

Considerando todas as metas e objetivos estabelecidos no estudo de caso, os resultados finais do estudo de caso não só atingiram, como a superaram a meta. Observou-se nesse período vários pontos em que se faz necessário a realização de melhorias imediatas e diante disso a metodologia DMAIC juntamente com as ferramentas, que proporcionaram uma visão sistêmica da organização e soluções para a mitigação desses problemas. O resultado final foi totalmente satisfatório e a metodologia proporcionou clareza na determinação das causas do problema. Um ponto muito importante a ser ressaltado foi que o reforço do treinamento e autonomia das equipes de trabalho foram essenciais para que o resultado atingisse a meta proposta no projeto.

Investir em treinamento e capacitação para todos os funcionários de uma empresa é fundamental nos dias atuais. As inovações tecnológicas estão em constante crescimento e sendo desenvolvidos, desse modo, uma empresa deve assegurar que as habilidades e competências de dos funcionários continuem evoluindo em conjunto com este progresso. A exemplo disso no processo produtivo em questão, a mão-de-obra para operar as células robóticas são escassas e precisa sempre da reciclagem dos treinamentos relacionados.

A filosofia do *Lean Manufacturing* proporciona um enfoque na melhoria de processos, na redução de desperdícios e consequentemente todos os outros benefícios relacionados a essas melhorias. Conclui-se que o método de resolução de problemas DMAIC é eficaz na solução de não conformidades e auxilia no alcance dos objetivos estabelecidos na definição e mensuração do problema proposto. A metodologia aplicada obteve uma redução de perdas em 46%. Por esta razão, o método é sugerido para futuros estudos, visando o aprofundamento do mesmo em outras indústrias para resolução de problemas de identificação de causa raiz e otimização de processos.

REFERÊNCIAS

- BRAGA, R. **Os desafios para estabelecer um fluxo contínuo numa linha de produção: caso da indústria automobilística**. Dissertação Mestrado da Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil., Florianópolis, 2008.
- CANDIDIO, Sandro. **Solução de problemas com o uso do PDCA e das ferramentas da qualidade**. Disponível em: < <http://sandrocan.wordpress.com/tag/diagrama-de-causa-e-efeito/>>. Acesso em: 06 de maio de 2020.
- CHIAVENATO, I. **Introdução a teoria geral da Administração**. 7 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. 650p.
- CONVIS, G. **Role of Management in a Lean Manufacturing Environment** - the Toyota Production System. Automotive Manufacturing and Production, , n 7, p.1-7, Jul. 2001.
- COSTA, A.F.B., EPPRECHT, E.K, CARPINETTI, L.C.R., **Controle Estatístico de Qualidade**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2004.
- DEMING, W. E. **Qualidade: A Revolução da Administração**. 1 ed. São Paulo: Saraiva, 1992, p 367.
- DENNIS, Pascal. **Produção Lean Simplificada**. 2º Edição, Editora Bookman. Porto Alegre, 2008.
- Ehie, I., & Sheu, J. (2005). **Integrating Six Sigma and Theory of Constraints for continuous improvement**: a case study. Journal of Manufacturing Technology Management, 16(5), 542-553.
- FM2S Treinamentos e Projetos. **Os sete desperdícios do Lean Manufacturing**. Disponível em: <https://www.fm2s.com.br/quais-sao-os-7-desperdiciosvisuais-lean-manufacturing/>. Acesso em: 10 de dezembro de 2019;
- GALMAN, Roberto. **Administração da produção e operações**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.
- GHINATO, P. **Elementos Fundamentais do Sistema Toyota de Produção**, In: ALMEIDA, T. A.; SOUZA, F.M.C. **Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações**. Recife: Editora. Da UFPE, 2000.
- GODOY, Adeline Leite de. **Indicadores de Desempenho Organizacional**. 2008. 23 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Cedet, São Paulo, 2009.
- GOLDSBY, T J., **Lean Six Sigma Logistics: Strategic Development to Operational Success**, J. Ross Publishing, Inc. 2005.
- HOLANDA, L. M. C.; SOUZA, I. D.; FRANCISCO, A. C. **Proposta de aplicação do método DMAIC para melhoria da qualidade dos produtos numa indústria de calçados em Alagoa Nova-PB**. Gepros. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, n. 4, p. 31-44, out-dez 2013. Disponível em: <<https://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/974/517>> Acesso em: 22 mar. 2021.

- ISHIKAWA, Kaoru. **Controle de Qualidade Total: à maneira japonesa**. Rio de Janeiro: Campos, 1993.
- JONES D, MITCHELL A, **Lean thinking for the NHS**. London: NHS Confederation, 2006.
- MARTINS, Petrônio G.; CAMPOS, Paulo R. **Administração de materiais e recursos patrimoniais**. São Paulo: Saraiva, 2009. RITZMAN, Larry P.; KRAJEWSKI, Lee J.;
- MONTGOMERY, D. C.; WOODALL, W. H. **An Overview of Six Sigma**. International Statistical Review, v. 76, n. 3, p. 329–346, 2008.
- MORAES, P. H. A. **Manutenção Produtiva Total**: estudo de caso em uma empresa automobilística. Taubaté: UNITAU, 2004.
- MORAIS, A.L. **Lean Manufacturing: Um estudo de caso sobre o uso dos conceitos Lean para otimização de uma linha de montagem**. InterfaceTecnologia. v.17 n.2, p. 767-779. 2020.
- OHNO, T. **O sistema Toyota de produção além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- OLIVEIRA, Sidney Teylor de. **Ferramentas para o aprimoramento da qualidade**. 2 ed. São Paulo: Editora Pioneira, 1996.
- OTAVIANO, A. H. C. de O. **O uso da metodologia DMAIC para a implementação de conceitos de produção enxuta**. 2010. 82 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.
- PANDE, P.S.; NEUMAN, R.P.; CAVANAGH, R.R., **Estratégia Seis Sigma: como GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.
- PLENTZ, Marcelo. **Um estudo de caso para melhoria de eficiência produtiva de linha de produção em uma indústria de alimentos**. Disponível em: <<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/396/1/Marcelo%20Plentz%20.pdf>> Acesso em: 22 mar. 2020.
- REIS, A.; PEINADO. J. **Administração da Produção. Operações Industriais e de Serviços**. Curitiba, 2007.
- RODRIGUES, M.V. **Entendendo, aprendendo e desenvolvendo, Sistema de Produção Lean Manufacturing**. Editora Elsevier Ltda. 2014.
- ROTHER, M., & Shook, J. (2003). **Learning to See - Value-Stream Mapping to add Value and Eliminate Muda**. Lean Enterprise Institute, Inc.
- ROTHER, M. Toyota Kata: **Gerenciando Pessoas para Melhoria, Adaptabilidade e Resultados Excepcionais**. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- SILVA, Reisânia de Jesus. **Bases para implementação da manufatura 4.0: Uma revisão de Literatura**. Cruz das Almas, 2019. Disponível em: Acesso em: 08 abr. 2021.
- SHINGO, SHINGEO. **O Sistema Toyota de Produção**. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.
- Sim, K.L., Rogers, J.W., 2008. **Implementing lean production systems**: barriers to change. Manag. Res. News 32 (1), 37–49.

SLACK, N.; CHAMBERS, S. & JOHNSON, R. **Administração da Produção**. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

SLACK, N; CHAMBERS, S; JOHNSTON, R; BETTS, A. **Gerenciamento de operações e de processos. Princípios e prática de impacto estratégico**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

SITE DA BALL CORPORATION. Disponível em: <<https://www.ball.com/sa/>> Acesso em: 10 dez. 2019;

SHARMA, A. & MOODY, P. E. **A máquina perfeita**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

TONINI A.C., SPINOLA, M.M. e LAURINDO, F.J.B. **Six Sigma and Software Development Process: DMAIC Improvements**. In: PORTLAND INTERNATIONAL CONFERENCE ON MANAGEMENT OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY, 2006, Turquia. Anais. Turquia, 2006.

NUNEZ, D.L.; BORSATO, M. **Panorama atual dos sistemas cyberfísicos no contexto da manufatura**. 2015.

TUBINO, D. F. **Manual de planejamento e controle da produção**. São Paulo: Atlas, 2000.

WERKEMA, Cristina. **Criando a cultura Seis Sigma**. Série Seis Sigma. Vol. 1. Nova Lima, MG: Werkema, 2004.

WERKEMA, M.C.C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1995.

WEBER, Austin. **Estação de Trabalho Lean: Organizada para a Produtividade**. Lean Institue Brasil. Artigo disponível em <<http://www.lean.org.br>>, 2005. Acesso em: 12 mai. 2020.

WOMACK, J.P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.