

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS  
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA  
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

NICOLY CAVALCANTI BUENO DE CASTRO

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC NO PROCESSO DE CONVERSÃO DE  
FITAS REFLETIVAS EM UMA INDÚSTRIA NO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS**

MANAUS

2021

NICOLY CAVALCANTI BUENO DE CASTRO

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC NO PROCESSO DE CONVERSÃO DE  
FITAS REFLETIVAS EM UMA INDÚSTRIA NO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Engenheiro de Produção.

Orientador: Prof(a). MSc. Nadja Pollyana Cabete

MANAUS

2021

**NICOLY CAVALCANTI BUENO DE CASTRO**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC NO PROCESSO DE  
CONVERSÃO DE FITAS REFLETIVAS EM UMA INDÚSTRIA NO PÓLO  
INDUSTRIAL DE MANAUS**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade do Estado do Amazonas, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Data de aprovação: Manaus (AM), 02 de agosto de 2021.

Banca examinadora:



---

Prof.ª MSc. Nadja Polyana Felizola Cabete – Orientadora  
Universidade do Estado do Amazonas



---

Prof. Dra. Joésia Moreira Julião Pacheco - Avaliadora  
Universidade do Estado do Amazonas



---

Prof. MSc. Carly Pinheiro Trindade – Avaliador  
Universidade do Estado do Amazonas

*“Se você pode sonhar, pode fazer.”*

Walt Disney

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, que tornou possível, mesmo com muitos sacrifícios me deu fé para finalização deste trabalho.

A minha mãe, Eliene, que sempre me incentivou a crescer tanto de forma pessoal quanto profissional, sendo minha maior inspiração de força e coragem para enfrentar qualquer desafio que a vida me trás. Ao meu pai, Heitor, que esteve ali a todo momento sendo um porto seguro não me deixando desistir e me incentivando sempre a seguir forte, mostrando que sempre é possível alcançar todos os meus sonhos.

Agradeço a minha irmã Taryn Bueno, que quando estava em momentos de nervosismo e precisei de conselhos estava ali, pronta para me ouvir e me acalmar, icentivando sempre a seguir em frente nos desafios.

Ao meu Noivo, companheiro de todas as horas, Leonardo Oliveira, pela paciência, carinho, apoio, incentivo, amor, compreensão em todas as noites mal dormidas tanto desenvolvendo o trabalho quanto as matérias desde o início da faculdade. Em momentos que estive desacreditada você esteve ali para me apoiar, assim hoje, consigo apresentar esse trabalho.

Aos amigos e meus colegas de graduação Bruna Monassa, Carla Arana, Giovanna Guedes, Icaro Araújo, Ramel Weber que estiveram do meu lado me incentivando durante todo o processo.

Agradeço em especial aos meus amigos Leticia Pirangy, Caio Bandeira e Camila Dias que estiveram ao meu lado durante todo o processo analisando o trabalho e me dando suporte ao realizá-lo.

Aos engenheiros, Patrick Inácio Lima e Luiz Eduardo Camolezi, que me ajudaram a realizar o projeto me auxiliando no uso da metodologia do estudo, suas análises e possíveis melhorias.

E agradeço a todos os professores, em especial minha orientadora, Nadja Polyana Feizola Cabete, por fornecer todo o apoio que eu precisava para a realização do trabalho.

## RESUMO

O objetivo do presente trabalho é mapear as falhas e implementar melhorias no processo de conversão de fitas refletivas em uma indústria química do Polo Industrial de Manaus, a fim de atender a demanda do produto. O método de estudo utilizado foi a pesquisa-ação junto a aplicação da metodologia *Lean Six Sigma* em conjunto com o DMAIC e técnicas da engenharia de produção para garantir os resultados esperados e que as melhorias implementadas sejam padronizadas e mantidas, almejando sempre a melhoria contínua. Tendo em vista um cenário mais competitivo em questões de *leadtime* e busca por estratégias de redução de custos operacionais e agilidade para execução de projetos mais simples e assertivos, tem-se um projeto de fácil implementação com diversas formas de aplicação em diferentes linhas, atendendo todos os requisitos de segurança e qualidade.

**Palavras-chave:** Lean Six Sigma; DMAIC; fitas refletivas; redução de custos.

## **ABSTRACT**

The objective of this study is to map the failures and implement improvements in the process of converting reflective tapes in a chemical industry in the Industrial Pole of Manaus, in order to meet the demand for the product. The study method used was the action-research together with the application of the Lean Six Sigma methodology together with the DMAIC and production engineering techniques to ensure the expected results and that the implemented improvements are standardized and maintained, aiming always continuous improvement. Bearing in mind a more competitive and searching for strategies to reduce operating costs and agility to execute simpler and more assertive projects, there is a project that is difficult to implement in different ways. of application on different lines, meeting all safety and quality requirements.

**Keywords:** Lean Six Sigma; DMAIC; Reflective tapes; Cost reduction.

## Lista de Figuras

1	Correspondência do PDCA e DMAIC	15
2	Os 8 desperdícios	20
3	Exemplo de um diagrama de Spaghetti	23
4	Correlação entre a pesquisa-ação e DMAIC	25
5	Importância da cronoanálise	27
6	Tempo de ciclo para uma linha ou célula de produção	28
7	Correlação entre a pesquisa-ação e DMAIC	31
8	Método Pesquisa-ação	34
9	Correlação entre a pesquisa-ação e DMAIC	35
10	Tabela de Composição do time	36
11	Cargos auxiliares do projeto	37
12	Faixa refletiva veicular	38
13	Gráfico de OEE utilizado como Base para o projeto	38
14	Gráfico de paradas da máquina	39
15	Escopo do projeto	40
16	Gráfico de produtividade do Mercosul Carro	41
17	Gráfico de produtividade do Mercosul Moto	41
18	Gráfico de balanceamento de linha antes do projeto item Mercosul	42
19	Gráfico de balanceamento de linha antes do projeto item AIP	42
20	Gráfico de divisão do tempo de setup em interno e externo	43
21	Mapa do processo estudado	43
22	Mapa de Setup do processo	44
23	Matriz de Causa e Efeito do projeto	45
24	Diagrama de Spaghetti utilizado no projeto	46
25	Rack similar ao rack de metal utilizado	47
26	Rack similar ao rack de madeira utilizado	48
27	Aplicação da ferramenta 5W2H	48
28	Tempo de setup antes do projeto (Hack de Madeira)	49
29	Tempo de setup depois do projeto (Hack de Madeira)	50
30	Exemplo de uma Ficha de instrução de trabalho	52
31	Procedimento padrão similar	53
32	Plano de Controle	54

## Lista de Tabelas

1	Ferramentas da Etapa Mensurar . . . . .	16
2	Ferramentas da Etapa Analisar . . . . .	16
3	Ferramentas da Etapa Melhorar . . . . .	17
4	Ferramentas da Etapa Controlar . . . . .	17
5	Exemplo de uma matriz de causa e efeito . . . . .	22

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>14</b>
2.1	Lean Six Sigma	14
2.2	DMAIC	14
2.2.1	Definir	15
2.2.2	Mensurar	15
2.2.3	Analisar	16
2.2.4	Melhorar	16
2.2.5	Controlar	17
2.3	<i>Lean Thinking</i>	18
2.3.1	Oito Desperdícios	18
2.3.2	Kaizen	20
2.3.3	Ferramentas Lean	20
2.3.3.1	Mapa de Processo	21
2.3.3.2	Matriz de Causa e Efeito	21
2.3.3.3	5W2H	22
2.3.3.4	Diagrama de Pareto	22
2.3.3.5	Diagrama de Spaghetti	23
2.3.4	Indicadores	24
2.4	Produtividade	24
2.5	Padronização	25
2.5.1	Cronoanálise	26
2.5.2	Tempo de ciclo	27
2.5.3	Lead Time	28
2.5.4	MSA	28
2.6	OEE	29
2.7	SMED	30
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>33</b>
3.1	DMAIC	34
3.2	DMAIC versus Pesquisa ação	35
<b>4</b>	<b>APLICAÇÃO DO MÉTODO</b>	<b>36</b>
4.1	Definir	36
4.2	Medição	40

4.3	Análise	45
4.4	Melhoria	48
4.5	Checar	51
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>55</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>56</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria química, objeto de estudo deste trabalho, está presente em praticamente todos os bens de consumo e em todas as atividades econômicas, contribuindo, assim, para o aumento da qualidade dos produtos através de melhorias dos processos e sendo um dos setores vitais de qualquer economia industrializada.

Desde 2020, presenciou-se um contexto de crise sanitária mundial e conseqüentemente de diversas dificuldades para as indústrias. Com várias fábricas com as atividades interrompidas vive-se uma crise em toda a cadeia de suprimentos. Tanto fornecedores quanto clientes possuem problemas com a compra de matéria-prima e com isso vários pontos da cadeia se veem prejudicados, fazendo com que a indústria não consiga atender a demanda do mercado.

Como efeito, observa-se um cenário mais competitivo em questões de *leadtime* e busca por estratégias de redução de custos operacionais e agilidade para execução de projetos mais simples e assertivos. Como citado por Dombrowski (2016), o mercado está cada vez mais competitivo e exigente, indústrias e prestadores de serviço são direcionados a cada vez mais se habituarem às altas exigências de qualidade, inovação em prazos mais curtos, tempo de entrega menores e todos esses fatores aliados ao menor custo possível.

No entanto, mesmo com todas as adversidades, segundo dados corroborados pela SUFRAMA, o Polo Industrial de Manaus (PIM) finalizou o mês de janeiro de 2021 com o faturamento de R\$ 10,22 bilhões, o que indica não apenas um crescimento de 13,71% na comparação com janeiro de 2020 (R\$ 8,96 bilhões), mas também o seu melhor resultado na história, em moeda nacional, para o primeiro mês do ano. O setor químico representou R\$ 1,04 bilhão desse faturamento e com um crescimento de 13,39%, dados conseqüentes das estratégias assertivas e agilidade na execução de ações por essas empresas.

Nesse contexto, o seguinte trabalho descreve o processo de produção de uma máquina cortadora de fitas refletivas de uma indústria química do Polo Industrial de Manaus. Tem-se conhecimento que a linha de produção do processo em estudo não está balanceada e padronizada ocasionando sobrecarga da mão de obra, baixa produtividade, dificuldade e falha na execução das atividades. Em contrapartida, o produto final desse processo possui demanda no mercado acima da sua capacidade produtiva.

Este estudo tem por objetivo mapear as falhas e buscar melhorias no processo de conversão de fitas refletivas de uma empresa do Pólo Industrial de Manaus, buscando responder à pergunta: como aumentar a performance do processo a baixo custo e de forma ágil?

O método de estudo utilizado foi a pesquisa-ação junto a aplicação da metodologia *Lean Six Sigma* e de técnicas e ferramentas da engenharia de produção, como SMED (*Single Minute Exchange of Dies*), OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), cronoanálise e outros para garantir os resultados esperados e que as melhorias implementadas sejam padronizadas e mantidas, almejando sempre a melhoria contínua.

A estrutura interna do texto se deu, primeiramente, com entendimento da aplicabilidade da metodologia *Lean Six Sigma* e seu desdobramento na análise de falhas e melhorias de processo. Em seguida, foram explanadas ferramentas e conceitos da engenharia de produção, como troca rápida de ferramentas, balanceamento de linha, tempos e métodos, mapeamento de processos e ferramentas da qualidade, que foram essenciais para o entendimento e execução das ações do projeto em estudo. Por fim, houve o detalhamento técnico de todas as etapas do projeto, desde a definição do seu escopo até a explanação dos resultados obtidos e possíveis melhorias para projetos futuros.

A realização desse estudo se revelou justificada, pois, busca-se entender pontos que são necessários para uma empresa se manter competitiva no mercado. Apesar da metodologia *Six Sigma* estar consideravelmente bem difundida nas empresas de manufatura caracterizadas por processos discretos de produção, são poucos os trabalhos referentes à aplicação desta metodologia em indústrias do setor petroquímico, as quais possuem processos contínuos de produção. Portanto, esse trabalho pode contribuir para a verificação da aplicabilidade da metodologia *Six Sigma* em empresas de processos contínuos.

Além disso, o estudo aprofundado dos métodos e processos adequados para o projeto podem trazer grandes resultados em atendimento de demanda e competitividade. Diversas empresas podem usufruir desses métodos e aplicar em diferentes processos e linhas de produção, visto que as indústrias prezam pelo chamado *Quick Kaizen*, que são melhorias de baixo custo ou até mesmo com custo zero e de rápida implementação. Por conseguinte, tem-se um projeto de fácil implementação com diversas formas de aplicação em diferentes linhas, atendendo todos os requisitos de segurança e qualidade.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Lean Six Sigma

O *Lean Six Sigma* (LSS) é a integração da filosofia *Lean Manufacturing* e *Six Sigma*, que foram integradas para se complementarem, pois enquanto o *Six Sigma* se utiliza de ferramentas estatísticas e de um método estruturado para a resolução de problemas, o *Lean Manufacturing* tem seu foco em melhorar a velocidade do processo e reduzir o tempo de produção (WERKEMA, 2012).

A ideia fundamental do *Lean Manufacturing* é atuar sobre os desperdícios e a ideia relacionada ao *Six Sigma* é a eliminação da variação do processo. Com a ajuda do Lean é possível alcançar a simplicidade nas operações e o processo fica mais rápido. E a aplicação do *Six Sigma* colabora para o gerenciamento da complexidade presente no processo, tornando-o melhor. Ambas, trabalhando em conjunto, levam à melhoria do desempenho (WERKEMA, 2012).

O *Lean Six Sigma*, consiste na combinação da manufatura enxuta com a metodologia de melhoria *Six Sigma*. Resumindo, o LSS é uma abordagem voltada à melhoria e pode ser entendido também como uma estratégia de negócios que aprimora o desempenho do processo e resulta na satisfação do cliente, permitindo através do uso de ferramentas, que haja mudanças no processo considerado (SNEE,2010).

Com relação ao objetivo final, tanto o *Lean* quanto o *Six Sigma* têm como propósito atingir a qualidade por toda parte, desde o serviço prestado ao cliente até a educação da força de trabalho, como o pensamento cultural direcionado às melhorias. É importante lembrar que a ideia sobre a causa raiz de um problema identificado deve sempre ser seguida, pois é mais efetivo do que tratar apenas os sintomas, eliminando a fonte dos problemas (SNEE,2010).

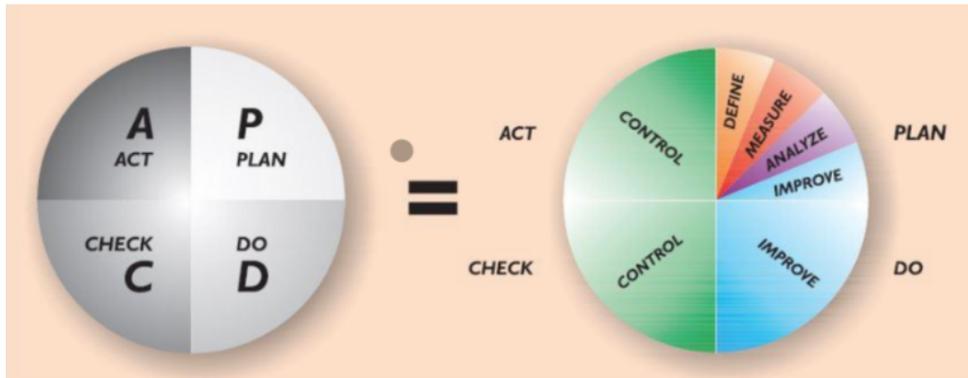
Segundo Pepper e Spedding (2010), a importância da integração entre o *Lean* e o *Six Sigma* quando ocorre sua implementação, pois quando aplicadas de maneira isolada pode resultar em uma aplicação ineficaz tanto do *Lean* quanto do *Six Sigma*, criando duas subculturas dentro da organização.

Com isso, pode-se entender que o *Lean Six Sigma* são duas metodologias que combinadas podem melhorar uma a outra, visto que o Lean foca em eliminar desperdícios enquanto o Six Sigma tem o objetivo de eliminar a variação do processo, logo, podemos alcançar a simplicidade nas operações de maneira mais ágil.

### 2.2 DMAIC

O DMAIC é uma metodologia derivada do PDCA (*plan, do, check, act*) utilizado no *Six Sigma* (PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2001).

Podemos observar conforme a figura abaixo como o DMAIC é derivado do PDCA.

**Figura 1** – Correspondência do PDCA e DMAIC

Fonte: WERCKEMA (2012).

Para Sokovic (2010) o Six Sigma é uma abordagem de análise de dados baseada em uma metodologia que tem um ciclo de vida. DMAIC é um acrônimo em inglês de 5 fases interligadas, definir, mensurar, analisar, melhorar e controlar, que representam suas etapas.

### 2.2.1 Definir

Na etapa “Definir” tanto o escopo do projeto quanto a meta devem estar bem definidas. A descrição do problema, a definição da meta, uma avaliação do histórico do problema e a definição de um cronograma preliminar são pontos que devem aparecer nesta etapa (WERCKEMA, 2012).

A descrição do problema deve conter de forma clara o problema considerado, os indicadores usados para medi-lo, onde ele é observado, quando ele é observado, qual o impacto de uma solução e quais as consequências se o problema não for resolvido. A avaliação do histórico do problema deve conter fatos e dados históricos que contribuirão para a compreensão e valorização do problema. O cronograma deve conter datas preliminares para a conclusão de cada etapa do DMAIC (WERCKEMA, 2012).

### 2.2.2 Mensurar

Nesta etapa deve-se decidir quais dados serão úteis para a focalização do problema (WERCKEMA, 2012). Além de quais dados serão medidos, deve-se definir de que forma eles serão obtidos e registrá-los de maneira correta, comprovando-se sempre sua confiabilidade. Caso haja uma desconfiança dos dados já existentes na empresa, verifica-se a necessidade de coletar novos dados (WERCKEMA, 2012). Na tabela abaixo pode-se ver algumas das ferramentas usualmente utilizadas nesta etapa.

**Tabela 1** – Ferramentas da Etapa Mensurar

<b>Ferramentas</b>
Plano para coleta de dados
Folha de verificação
Amostragem
Estratificação
Diagrama de Pareto
Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM)
Métricas Lean

Fonte: Werkema, 2012 (Adaptado)

### 2.2.3 Analisar

Nesse momento, as causas fundamentais dos problemas prioritários, identificados através da etapa “Mensurar”, deverão ser determinadas, ou seja, o objetivo deste passo é o de descobrir quais as causas que mais influenciam o problema (WERKEMA, 2012). Algumas ferramentas utilizáveis neste ponto podem ser vistas na tabela abaixo.

**Tabela 2** – Ferramentas da Etapa Analisar

<b>Ferramentas</b>
Fluxograma
Mapa de Processo
Mapa de Produto
FMEA
Avaliação do Sistema de Medição (MSA)
Brainstorming
Diagrama de Causa e Efeito
Matriz de Priorização

Fonte: Werkema, 2012 (Adaptado)

### 2.2.4 Melhorar

O objetivo desta etapa é a de determinar, testar e implementar soluções, parciais ou totais, para o problema. Além disso, segundo Gejdos (2015) o ponto de melhoria do processo do DMAIC é identificar soluções criativas para eliminar os problemas prioritários com a possibilidade de utilizar ferramentas complexas para isso, mas sempre procurar as soluções mais óbvias e simples para a resolução do problema. Algumas ferramentas utilizáveis nesta etapa podem ser vistas na tabela abaixo.

Nesta etapa há ainda a necessidade de estudar o risco das soluções propostas e a de

definir um plano de ação para implementar as soluções em larga escala (WERKEMA, 2012)

**Tabela 3** – Ferramentas da Etapa Melhorar

<b>Ferramentas</b>
5WH2
Brainstorming
Kaizen
FMEA
Métricas Lean
Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM)
Poxa-Yoke
Diagrama de Causa e Efeito
Gestão Visual
TPM

Fonte: Werkema, 2012 (Adaptado)

### 2.2.5 Controlar

Esta fase consiste em avaliar as implementações feitas na etapa anterior, e para isso os resultados obtidos após a implementação das soluções devem ser monitorados a fim de confirmar o sucesso da modificação. A confirmação é feita empregando-se uma coleta de dados antes e depois das modificações, o que permitirá uma comparação e uma consequente verificação (WERKEMA, 2012). Algumas ferramentas utilizáveis nesta etapa podem ser vistas abaixo.

**Tabela 4** – Ferramentas da Etapa Controlar

<b>Ferramentas</b>
Avaliação do Sistema de Medição
Carta de Controle
Diagrama de Pareto
Histograma
Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM)
Procedimentos Padrões

Fonte: Werkema, 2012 (Adaptado)

A implementação de um plano de monitoramento de performance é muito importante para impedir que o problema resolvido volte a ocorrer, devendo-se decidir quais variáveis do processo serão monitoradas e de que forma serão acompanhadas (WERKEMA, 2012).

## 2.3 *Lean Thinking*

O conceito *Lean Thinking* remete a um pensamento que se reflete em cinco princípios que funcionam como a base da filosofia do *Lean Production*. Estes foram definidos em Womack e Jones (1996) e, se aplicados corretamente, promovem uma estruturação das empresas voltada para a eliminação das atividades que não agregam valor ao produto do ponto de vista do cliente e que este não está disposto a pagar. Lima (2018) definiu os princípios da seguinte maneira:

- **Identificação de valor:** É o primeiro passo rumo ao *Lean*. É a busca por atender as necessidades do cliente e aquilo que ele está disposto a pagar, portanto, tudo aquilo que o cliente não está disposto a pagar é considerado desperdício e deve ser eliminado.
- **Cadeia de valor:** É o conjunto de atividades que atravessam todas as partes da organização, desde o planejamento até a comercialização de um produto, na busca pela identificação por etapas que agreguem valor para o cliente e ao produto por consequência. Assim sendo, é primordial a empresa saber diferenciar as atividades que são essenciais para geração de valor, das atividades que não agregam valor diretamente, mas são vistas como necessárias, e das atividades que não agregam valor algum, logo devem ser eliminadas.
- **Fluxo:** Após a identificação de valor e das etapas da cadeia de valor, o passo seguinte é o fluxo contínuo. *One-piece-flow* é um exemplo de fluxo onde as paragens e/ou tempos de espera entre atividades, assim como estoques de produto intermediário são reduzidos ou eliminados, tendo como uma de suas consequências um tempo de entrega ao cliente mínimo.
- **Produção Puxada:** A base para uma produção puxada é não produzir nada até que haja demanda. Esse princípio é baseado na procura real do produto, dessa forma, a venda de um produto funciona como um pedido para a linha de produção de modo a repor esse produto no sistema produtivo.
- **Perseguir a perfeição:** Princípio oriundo do *Kaizen* (melhoria contínua) que visa sempre a melhoria a partir de situação atual e pode ser aplicado a todos os princípios anteriores, fazendo com que novas formas de criar valor sejam exploradas.

### 2.3.1 Oito Desperdícios

Segundo Júnior (2007), como o pensamento enxuto alicerça-se na redução de desperdícios, o primeiro trabalho na introdução “*lean*” é a identificação dos desperdícios nos processos. Imai (1997) descreve as 7 fontes de desperdício da seguinte maneira:

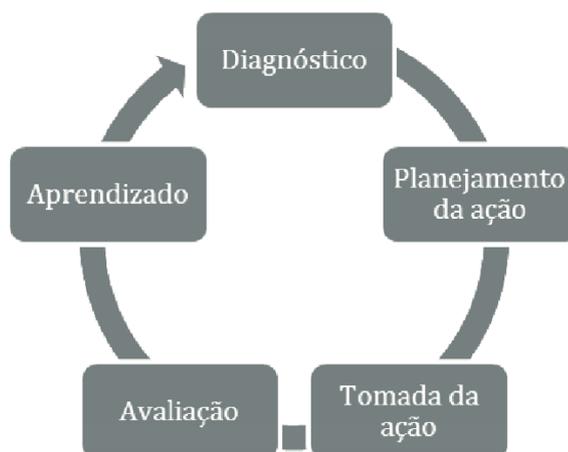
- **Excesso de produção:** É o desperdício que pode existir pela quantidade, onde a produção ultrapassa o volume programado ou por antecipação, que é a perda por produzir cedo demais originando fluxos irregulares de materiais e informação, bem como maior estoque.
- **Tempos de espera:** Consiste no tempo em que não é praticado nenhum tipo de processamento, transporte ou inspeção. Existem três tipos de desperdício por espera: no pro-

cesso, quando um lote fica a aguardar a operação da máquina para iniciar a sua produção, devido à falta de matéria-prima; do lote, quando peças já passaram por determinado processo e aguardam pelas restantes para seguir à próxima etapa; do operador, que ocorre quando um trabalhador está impedido de executar a tarefa seguinte.

- **Transportes:** Ocorre quando são realizadas deslocações excessivas de materiais, pessoas e informação. Podem ser reduzidas, através da definição de um layout adequado, que minimize as distâncias a serem percorridas. Desta forma, os custos de transporte podem ser reduzidos se o material for entregue no local devido.
- **Excesso de estoque:** É o desperdício sob a forma de estoque de matéria-prima ou produto acabado, originando custos excessivos, baixo desempenho, mau serviço prestado ao cliente, bem como desaproveitamento de investimento e espaço. Deve-se sobretudo a longos *lead times*, longos setups e a falta de ordem no processamento.
- **Processos inadequados:** Inclui o esforço desnecessário que não adiciona valor ao produto ou ao serviço, nomeadamente na utilização de máquinas ou equipamentos usados de forma incorreta quanto à capacidade de desempenhar uma operação e na aplicação de procedimentos irregulares.
- **Movimentação desnecessária:** Desorganização dos locais de trabalho resultando em movimentos desnecessários realizados pelos operadores entre postos de trabalho, nomeadamente na procura de ferramentas ou de matéria-prima.
- **Defeitos:** Acontece quando os produtos não satisfazem os requisitos ou quando existem falhas frequentes do processo. Isto além de significar desperdícios, origina custos para a empresa.

Womack e Jones (2003), identificam mais um desperdício:

- **Subaproveitamento dos recursos humanos:** Criatividade inexplorada ou utilização pouco eficiente dos operadores e do seu potencial. São ativos importantes numa empresa, não só pelo que fazem mas também, e principalmente, pelo que sabem. A falta de importância que é por vezes dada ao intelecto e know-how dos vários operadores (fatores que podem diferenciar uma empresa), originam o desperdício de ter ideias construtivas ignoradas que, por falta de apoio ou de uma cultura de envolvimento, nunca serão expostas.

**Figura 2 – Os 8 desperdícios**

Fonte: Womack e Jones (2003)

### 2.3.2 Kaizen

IMAI (1994) descreve esta filosofia da seguinte forma:

“A essência do kaizen é simples e direta: kaizen significa melhoramento. Mais ainda, kaizen significa contínuo melhoramento, envolvendo todos, inclusive gerentes e operários. A filosofia do kaizen afirma que o nosso modo de vida – seja no trabalho, na sociedade ou em casa – merece ser constantemente melhorado”.

Lucinda (2010), menciona que a melhoria contínua é como um processo que visa a inovação constante da empresa e tem como objetivos diversas melhorias como em *layout*, práticas de trabalho e qualidade do produto. Porém, Guimarães et al. (2013) retrata que a grande diferença entre a inovação e a melhoria contínua está na busca pela perfeição, porque a melhoria regular empenha-se com aperfeiçoamento dos produtos e processos enquanto a inovação preocupa-se com os grandes progressos e com o crescimento rápido dos mesmos.

Além disso Santos (2017), afirma que é preciso ter uma métrica para definir qualidade. Para se obter sucesso em melhoria contínua, devemos saber onde estamos e para onde vamos. Para isso, devemos desdobrar o que é qualidade e definir indicadores para medi-la.

Santos (2017) também afirma que sem a padronização não há melhoria no processo, assim sempre buscando a excelência e padronizando a melhor forma conhecida até o momento, que todos possam replicar da maneira correta.

### 2.3.3 Ferramentas Lean

Segundo Plenert (2007) existem, pelo menos, 27 ferramentas associadas ao *Lean Production*, no entanto, Wilson (2010) afirma que muitas outras existem. Essas ferramentas são usadas para analisar o processo já existente e melhorar o sistema atual. Nas seções abaixo serão abordadas algumas das ferramentas *Lean* utilizadas no projeto em estudo.

### 2.3.3.1 Mapa de Processo

Para Slack (2016), o mapeamento envolve descrever os processos e como as atividades relacionam-se entre si. Há muitas técnicas que podem ser usadas para o mapeamento ou *Blue-printing* de processos. Entretanto, todas as técnicas apresentam os diferentes tipos de atividade que ocorrem durante o processo e o fluxo de materiais, pessoas e informações.

Para um processo desenhar os mapas do processo detalhadamente pode ser uma tarefa complexa. Esse é o motivo pelo qual são frequentemente mapeados em nível mais agregado, denominado mapeamento de processos de alto nível, antes de mapas mais detalhados serem desenhados (SLACK, 2016).

Entretanto, também segundo Slack (2016), algumas atividades podem necessitar de mapeamento detalhado para assegurar a qualidade ou para proteger os interesses da empresa. Às vezes, é útil mapear tais processos de maneira que torne óbvio o grau de visibilidade de cada parte do processo. Isso permite que as partes do processo com alta visibilidade sejam projetadas de modo que aumentem a percepção do processo pelo cliente.

### 2.3.3.2 Matriz de Causa e Efeito

Segundo Silva (2016), a ferramenta busca através de possíveis causas, identificar quais estão impactando mais no problema, pois somente conhecendo as principais causas do problema é possível atacar de forma consistente e eficiente sobre ele.

“Apesar de contemplar fundamentos muito parecidos com o diagrama de espinha de peixe, por se tratar de uma matriz e não de um diagrama, ela possibilita conhecer o processo sobre o qual está inserido a oportunidade-problema de uma maneira analítica totalmente diferente” (SILVA,2016).

Para Labone Consultoria (2021), as vantagens de uma diagrama causa e efeito compreendem:

- Fornecer um ambiente de equipe colaborativa;
- Fornecer uma abordagem para reavaliar entradas ou causas;
- Economizar tempo e custo determinando causas críticas dos processos a serem estudadas;
- Reunir profissionais com experiências práticas para desenvolver a matriz;
- Facilitar a análise da causa raiz, colocando a causa antes da solução, e evitando desperdícios de recursos.

**Tabela 5** – Exemplo de uma matriz de causa e efeito

Nome: Processo de Envase de Suco de Uva.		Objetivos Definidos:		PTS
		Maior Produtividade	Volume Correto	
Etapas do processo		4	5	
I	Inserir os frascos na linha.	5	3	35
II	Envasar os frascos na linha.	5	5	45
III	Rosquear tampa dos frascos na linha.	3	1	17
IV	Rotular os frascos na linha.	2	1	13
V	Encaixotar os frascos.	4	1	21

Fonte: Site Kitemes, 2017<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Disponível em: <https://www.kitemes.com.br/2017/07/31/matriz-de-causa-e-efeito-confira-os-passos-para-sua-aplicacao>. Acesso em: 15 maio, 2021.

A tabela acima exemplifica o layout da matriz de causa e efeito, trazendo as etapas do processo, os objetivos principais do projeto e a pontuação final. As maiores pontuações são aquelas que as atividades devem ser priorizadas.

### 2.3.3.3 5W2H

O 5W2H é uma ferramenta utilizada para organizar ações e definir os respectivos responsáveis e recursos, garantindo um planejamento das ações visando sua conclusão efetivamente (ROCHA, 2012).

O nome desta ferramenta está relacionado às sete perguntas que são respondidas na utilização da mesma, sendo elas: *What* (o que, qual), *Where* (onde), *Who* (quem), *Why* (por que), *When* (quando), *How* (como) e *How much* (quanto, custo). Esta ferramenta é de fácil utilização e compreensão, e, de acordo com Franklin (2006), pode ser classificada como um plano de ação, sendo o resultado de um planejamento que serve como orientação de ações que deverão ser tomadas.

Logo, quando se fala sobre certificação de qualidade e acreditação, essa é uma das ferramentas mais utilizadas, em virtude de que um plano de ação tem por objetivo encontrar e solucionar os problemas existentes, além de implantar melhorias (ROCHA, 2012).

### 2.3.3.4 Diagrama de Pareto

O Diagrama de Pareto é um gráfico de barras verticais que permite determinar quais problemas resolver e quais são as prioridades. Ele deve ser construído tomando como suporte

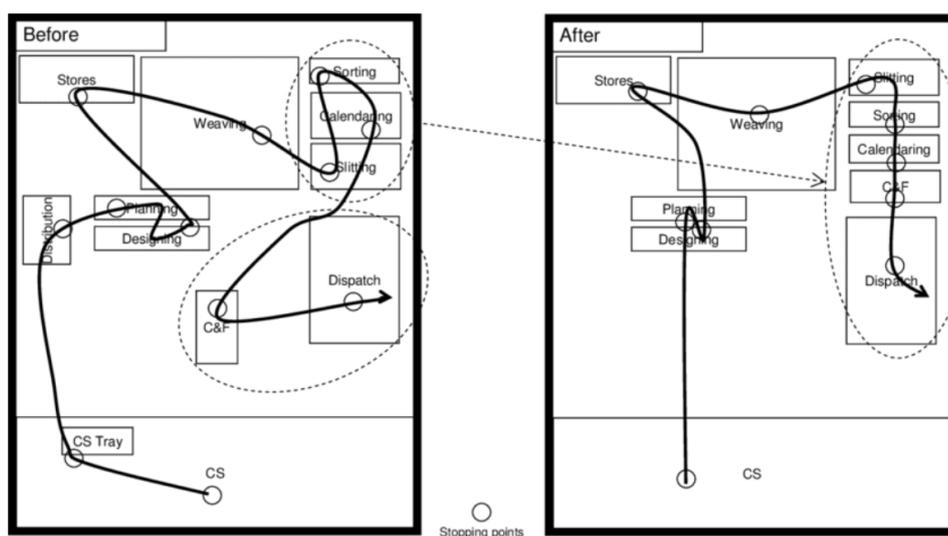
uma lista de verificação (RODRIGUES, 2006). De acordo com Santos, Guimarães e Brito (2013), após a construção do Diagrama de Pareto é comum considerar-se que as causas a atacar são aquelas que contribuem, em conjunto, para cerca de 80% do problema.

Além disso, para Oliveira, Allora e Sakamoto (2005) a sua aplicação além dos já citados anteriormente, permite estratificar resultados; confirmar resultados das ações de melhoria; verificar mudanças efetuadas no processo; detalhar as causas maiores dos problemas; e, definir as melhorias de um projeto.

### 2.3.3.5 Diagrama de Spaghetti

De acordo com Andre e Callefi (2018) o diagrama de Spaghetti é uma ferramenta de mapeamento simples que auxilia na visualização de Layouts improdutivos, reconhecendo os tempos e movimentos desnecessários para a fabricação dos produtos ou serviços, auxiliando na identificação das atividades que não agregam valor ao produto. Com isso, por meio da redução das atividades com aproveitamento para transformação do produto é possível aumentar a produtividade e eficiência dos funcionários e, conseqüentemente, da linha de produção.

**Figura 3** – Exemplo de um diagrama de Spaghetti



Fonte: Site do Grupo Voitto, 2020<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/diagrama-de-espaguete>. Acesso em: 21 maio, 2021.

Conforme Oliveira e Monteiro (2011), o diagrama de Spaghetti tem como objetivo visualizar a forma que um funcionário se comportou durante o processo de fabricação do produto, buscando medir e identificar os tempos gastos em atividades que não agregam valor ao produto, e a partir disso, otimizar os processos eliminando as atividades sem valor.

### 2.3.4 Indicadores

Os indicadores de desempenho são ferramentas utilizadas para mensurar a performance de uma empresa em relação a metas e objetivos específicos. A partir deles é que são avaliadas as ações, estratégias e as decisões de negócio com base em seus respectivos resultados.

Ademais Oliveira (2019) descreve que os indicadores ou KPI, do inglês “*Key Performance Indicator*”, além de uma poderosa ferramenta para a gestão de processos também funcionam como veículos de comunicação organizacional, pois através deles que o desenvolvimento da empresa é compartilhado com os seus colaboradores independente do nível hierárquico.

Dias (2021) informa que para escolher o melhor indicador a empresa precisa entender suas atuais demandas e principais objetivos, se os problemas e demandas são realmente responsabilidade da mesma ou se vem de outras fontes. Para isso é necessário ter disciplina e conhecimento sobre o negócio na qual a companhia está inserida.

## 2.4 Produtividade

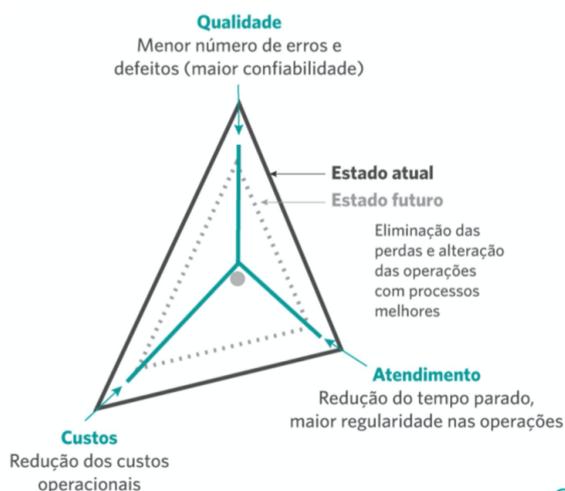
Slack (2016) define produtividade como o índice resultante do que é produzido por uma operação, dividido pelo que é exigido por essa operação:

$$Produtividade = \frac{ProdutoDaOperação}{InputDaOperação} \quad (1)$$

Ainda segundo Slack (2016), frequentemente, as medidas parciais de input ou output são usadas para que comparações possam ser feitas, e para isso tem-se a fórmula abaixo:

$$ProdutividadeDeFatorÚnico = \frac{ProdutoDaOperação}{UmInputDaOperação} \quad (2)$$

Permitindo assim que operações diferentes possam ser comparadas excluindo-se os efeitos dos custos de input. A diferença entre os dois tipos de produtividade se apresenta na distinção entre os inputs da operação e o modo que a operação é organizada para transformar inputs e outputs.

**Figura 4** – Correlação entre a pesquisa-ação e DMAIC

Fonte: Grilletti (2018).

Para Grilletti (2018) “Produtividade é a capacidade única de aumentar a produção, com os mesmos recursos disponíveis. Para um negócio de alto crescimento, esse pode ser o elemento-chave para ganhar escala”. Ele também afirma que uma estratégia de aumento de produtividade envolve a diminuição de custos, a eliminação de desperdícios, o aumento da velocidade e o incremento na performance.

## 2.5 Padronização

Campos (2014) descreve que nas empresas modernas a padronização é considerada a mais fundamental das ferramentas gerenciais. Na Qualidade Total a padronização é a base para as rotinas. A situação das empresas brasileiras no tocante a padronização, relata o autor, não é boa, pois falta literatura e faltam educação e treinamento das pessoas que ocupam cargos de chefia.

Também segundo Campos (2014), nas raras empresas que se consideram padronizadas, este assunto tem sido relegado aos técnicos, quando de fato é um encargo essencialmente gerencial. As pessoas que ocupam cargos gerenciais precisam entender que a padronização é o caminho seguro para a produtividade e competitividade em nível internacional, pois é uma das bases onde se assenta o moderno gerenciamento.

A padronização deve ser vista dentro das empresas, desta mesma forma, como algo que trará melhorias em qualidade, custo, cumprimento de prazo, segurança, etc. Grande parte das causas de problemas das indústrias brasileiras se deve a variações na execução de tarefas encontradas entre os diferentes turnos de trabalho. Padronizar é reunir as pessoas e discutir o procedimento até definir aquele que for melhor, treinar as pessoas e assegurar-se de que foi consensual. Desta forma o trabalho nos vários turnos estará padronizado. A padronização das

empresas é em grande parte "voluntária" e informal, ou seja, as pessoas discutem aquilo que está padronizado, estabelecem o procedimento padrão e o cumprem. Sua alteração é possível até incentivada como forma de se melhorar os procedimentos (CAMPOS, 2014).

Alguns resultados da padronização na área de produção segundo Campos (2014) são apresentados abaixo:

- Melhoria da capacitação técnica dos operadores;
- Permite delinear claramente o objetivo do trabalho e consolidar o lema "o estágio subsequente é o cliente do precedente";
- Consolida a segurança do trabalho;
- Possibilita a incorporação de melhorias ao trabalho, assim como o nascimento de outras idéias positivas;
- Permite a melhoria da qualidade e da produtividade;
- Diminuição do nível de estoque;
- Diminuição do tempo de preparação das máquinas;
- Realização dos trabalhos de manutenção compm1ilhados pelos próprios operadores;
- Diminuição do tempo de interrupção do trabalho;
- Incorporação das idéias dos próprios operadores para melhorar ou facilitar o trabalho junto à linha;
- Permite a gestão da rotina, ela qualidade e elo custo ele forma efetiva;
- Possibilita a execução de programa de educação e de treinamento dos operadores;
- A própria autogestão por parte elos operadores desenvolve o espírito da auto-responsabilidade.

### **2.5.1 Cronoanálise**

A cronoanálise surgiu com os estudos de Taylor e dos Gilbreth. Taylor enfatiza a divisão das operações e a real capacidade do operador, enquanto Gilbreth, os movimentos e os aspectos ligados à fadiga e à economia dos movimentos desnecessários (SUGAI, 2003).

Para Oliveira (2009), a cronometragem é uma ferramenta que evidencia os pontos importantes para uma amostragem de tempos:

- Real capacidade do operador para a cronometragem;
- Número de medições exigidas para uma análise confiável;
- Avaliação de tolerância em porcentagem para cada operação.

Toledo Junior e Kuratomi (1977) consideram a cronoanálise como a base para a racionalização da produção, do espaço físico, do maquinário e do capital humano.

A figura abaixo mostra a importância da cronoanálise em três setores: industrial, profissional e na vida prática.

**Figura 5 – Importância da cronoanálise**

Na indústria	Profissionalmente	Na vida prática
-Em todos os campos	-Satisfação Profissional	-Aguça o senso analítico
-Engenharia de Produtos (viabilidade econômica)	-Visão geral das coisas	-Cada contradição é uma nova experiência adquirida
-Engenharia de Projetos (Processos)	-Não "bitola"	-Aviva o raciocínio
-Planejamento (Previsões)	-Mudanças constantes	-Pondera antes de decisões
-Produção (layout, carga máquina e carga mão-de-obra).	-Aperfeiçoamentos constantes	-Rapidez nas decisões
-Programação (Programas de produção)	-Contatos de alto nível	-Previsões
-Administração (controle)	-Nível salarial mais alto	-Confiança e segurança
-Financeiro (Custos)	-Confiança e segurança de decisões	-Sabe o que é que lhe convém
-Gerencial (Detalhes técnicos administrativos)	-Objetividade	-Você saberá que quem pode melhor lhe aconselhar será você mesmo
-Organização geral	-Possibilidades imprevisíveis	-Consequentemente, novo padrão de vida.
	-Saber o que é importante	

Fonte: Toledo Jr e Kuratomi (1977).

Oliveira (2009) considera a cronoanálise como o método utilizado para cronometrar e realizar análises do tempo que um poderão relva para realizar uma tarefa ou fluxo produtivo, permitindo um tempo de tolerância para as necessidades fisiológicas, possíveis quebras de maquinário, entre outros.

### 2.5.2 Tempo de ciclo

Alvarez e Junior (2001) definiram a duração de um tempo de ciclo como o período transcorrido entre a repetição de um mesmo evento que caracteriza o início ou fim desse ciclo.

Slack (2016) traz conceitos sobre como 3 tempos que são necessários para o entendimento do processo, tempo de atravessamento é o tempo transcorrido entre um item entrando no processo e saindo, tempo de ciclo é o tempo médio entre itens sendo processados, e o trabalho em processo é o número de itens no processo em qualquer ponto do tempo.

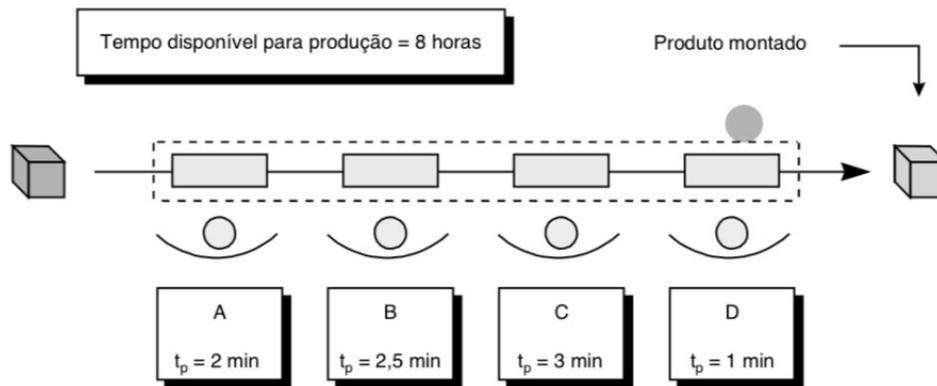
Para isso foi definido fórmulas base para o tempo de atravessamento e o tempo de ciclo:

$$\text{TempoDeAtravessamento} = \text{TrabalhoEmProcesso} \times \text{TempoDeCiclo} \quad (3)$$

$$TempoDeCiclo = \frac{TempoDeAtravessamento}{TrabalhoEmProcesso} \quad (4)$$

A figura abaixo exemplifica a representação do tempo de ciclo em uma linha de produção.

**Figura 6** – Tempo de ciclo para uma linha ou célula de produção



Fonte: Álvares e junior (2001).

### 2.5.3 Lead Time

Corrêa e Corrêa (2004), lead time é o tempo de duração de todo o processo, desde a liberação da ordem de compra ou de produção até o recurso correspondente estar apto ao uso.

Já Ballou (2009), o lead time ou tempo total de ciclo de um pedido, trata-se do tempo de duração entre a solicitação de compra de um cliente até o recebimento do produto pelo mesmo. Sendo composto pelo ciclo de pedido: tempo de solicitação do pedido, tempo de preparação, disponibilidade dos recursos no estoque, duração da produção e o tempo total de entrega ao cliente.

### 2.5.4 MSA

A Análise dos Sistemas de Medição (MSA) é uma metodologia estatística que permite estudar e analisar as condições de operação de um sistema de medição, analisar o seu comportamento e oferecer aumento da confiança e certeza dos dados obtidos (Lima, Ferreira, Barbosa, 2010).

Segundo Gonçalves (2014), o objetivo do MSA é avaliar a qualidade do sistema de medição e verificar se o mesmo é adequado e capaz de controlar determinado processo ou produto. A escolha do sistema de medição pode considerar a importância de determinar a rejeição ou não do processo ou produto, o que está relacionado com a criticidade que os mesmos apresentam.

De acordo com Werkema (2012), esses estudos podem gerar ações como: critério para aceitar novos instrumentos de medição, base para avaliar um dispositivo considerado deficiente,

nível de aceitação para um processo de produção e a probabilidade maior de aceitar uma peça com o valor verdadeiro.

## 2.6 OEE

OEE foi introduzido por Seiichi Nakajima, como uma medida fundamental para se avaliar a performance de um equipamento. Ele nasceu como a espinha dorsal da Manutenção Produtiva Total (TPM) e em seguida, de outras técnicas empregadas em programas de gerenciamento de ativos, *Lean Manufacturing*, *Six sigma*, *World Class Manufacturing* (FELICE; PETRILLO; MONFREDA, 2013).

Essa métrica tem como objetivo principal analisar e melhorar o processo produtivo, pois mostra o quão bem a companhia está utilizando seus recursos quando se diz respeito a equipamento, trabalho e à capacidade de satisfazer o consumidor em termos de entrega de produtos de qualidade. Desta forma, ele é dividido em três métricas de medição: Disponibilidade (D), Performance (P) e Qualidade (Q) (SOWMYA; CHETAN, 2016).

$$OEE = D * P * Q \quad (5)$$

Goulo e Paris (2015, p. 177) definem essas três variáveis da seguinte maneira:

- Disponibilidade ou Tempo disponível: representa o tempo total, ou seja, o tempo total que foi necessário para a produção incluindo tempos de espera, quebras, paradas.

$$Disponibilidade = \frac{HorasTrabalhadas}{HorasProgramadas} \quad (6)$$

- Performance: refere-se ao tempo necessário para a produção de boas unidades com o equipamento produzindo em sua melhor velocidade de funcionamento sem que seja considerada qualquer parada.

$$Performance = \frac{QuantidadeProduzidaReal}{QuantidadedeProduçãoTeórica} \quad (7)$$

- Qualidade: fator das quantidades produzidas dentro da especificação técnica.

$$Qualidade = \frac{QuantidadedeBons}{QuantidadeTotalProduzida} \quad (8)$$

De acordo com Nakajima (1989) as empresas com um indicador OEE maior que 85% podem ser premiadas com o prêmio TPM Award, mas para que a empresa atinja este valor é necessário que os índices de disponibilidade, performance e qualidade sejam de 90%, 95% e 99% respectivamente, desta maneira, um indicador de 85% tem-se como meta ideal para os equipamentos.

## 2.7 SMED

O SMED (Single Minute Exchange of Die) ou TRF (Troca Rápida de Ferramentas), é uma ferramenta do Lean que tem como objetivo a redução do tempo de setup. Ela busca tornar a mudança entre a produção de um produto para o outro, rápida e eficiente e proporcionar uma troca rápida de ferramentas no decorrer do processo produtivo para que seja possível diminuir o tamanho dos lotes de produção, a fim de gerar um enriquecimento do fluxo do processo (ULUTAS, 2011).

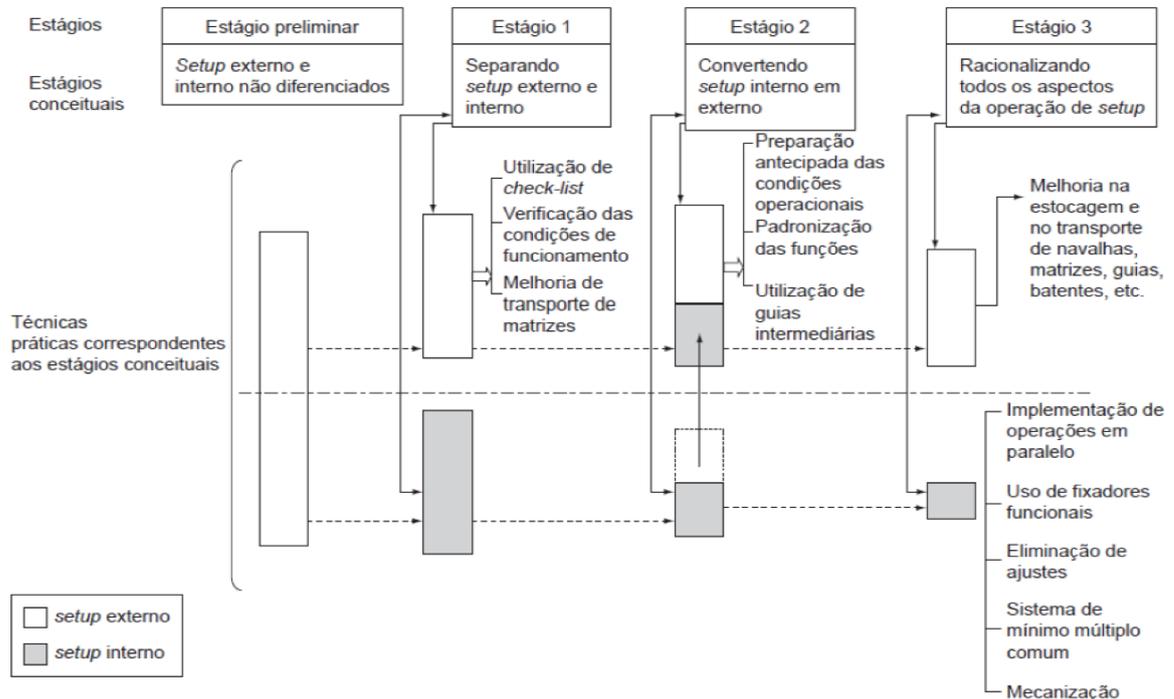
Segundo Shingo (2000), o termo SMED faz referência à possibilidade de efetuar os setups em um intervalo de tempo menor que 10 minutos. E mesmo em casos em que não é possível ser executado nesse intervalo de tempo, o uso do método SMED viabiliza uma redução extrema do tempo de setup nesses casos. Ainda, de acordo com o autor, o método em questão é uma abordagem científica de diminuição do tempo de setup que é eficiente em todas as fábricas e em todos os tipos de máquinas.

De acordo com Shingo (2000), o entendimento dos dois tipos das operações de setup é a base da ferramenta SMED, sendo assim, esses dois tipos são:

- Setup interno: Segundo Reis e Alves (2010), o setup interno é caracterizado por atividades que são possíveis de serem realizadas apenas quando o equipamento estiver parado.
- Setup externo: Ainda conforme Reis e Alves (2010), este tipo de setup é definido por atividades que são possíveis de serem feitas mesmo quando o equipamento estiver funcionando. De acordo com Cakmakci e Karasu (2007), ao efetuar as atividades do setup externo mesmo com a máquina funcionando, o funcionário não estará exposto a risco algum, não fornece riscos à integridade do equipamento e não influencia na qualidade dos produtos.

A ferramenta do SMED está baseada em quatro estágios teóricos, como ilustrados na Figura 6 e definidos na sequência.

**Figura 7** – Correlação entre a pesquisa-ação e DMAIC



Fonte: Shingo (2000).

- **Estágio inicial:** representa o estudo e investigação do cenário atual do setup, onde não há separação de setup interno e externo, e o tempo desperdiçado com máquinas paradas é grande. De acordo com Santos (2006), não se pode melhorar o que é desconhecido, conseqüentemente, é indispensável ter conhecimento total do processo. Algumas alternativas para estudar minuciosamente o chão de fábrica e entender o processo de setup são propostas por Shingo (2000): (i) acompanhar a produção continuamente com cronômetro, analisando os tempos e movimentos; (ii) analisar o trabalho por amostragem; (iii) utilizar uma câmera para filmar as atividades do setup para um estudo posterior, em companhia dos colaboradores.
- **Primeiro estágio:** apontado como o mais importante da aplicação do SMED, neste estágio acontece a separação do setup interno e externo (SHINGO, 2000). Como é visível na Figura 3, no estágio preliminar (ou inicial), as operações de setup interno e externo não são especificadas, por isso, são realizadas pelo colaborador de forma arbitrária. Segundo Shingo (2000), apenas com a separação destas operações, é possível diminuir o tempo de setup interno de 30% a 50%.
- **Segundo estágio:** a redução do tempo de setup resultante do primeiro estágio é muito considerável, contudo, para alcançar as metas do SMED não são o suficiente. De acordo com Shingo (2000), o segundo estágio é responsável por transformar as atividades internas em externas por meio de dois pontos significativos: (i) revisar as operações do setup interno e analisar se nenhuma operação foi, inadequadamente, classificada como interna;

(ii) procurar por opções de converter, totalmente ou parcialmente, atividades internas em externas. Conforme Santos (2014) ressalta, a maior parte das propostas que aparecem neste estágio precisam de investimentos monetários, logo, se faz necessário um estudo de viabilidade financeira das execuções, assim como uma análise do novo processo e alternativas de novas atividades, sendo elas externas ou internas.

- Terceiro estágio: no terceiro e último estágio, o objetivo é analisar minuciosamente cada atividade realizada durante o setup, procurando sua racionalização através da eliminação de ajustes e elementos desnecessários. Também, nesta etapa acontece a realização das técnicas das ações propostas no estágio anterior. O novo procedimento de setup precisa ser documentado, conhecido por todos os envolvidos no setup e ser efetivamente seguido em todas as operações futuras de setup (REPETTI, 2019).

Por último, Moura e Banzato (2003) afirmam para que a implantação do SMED tenha sucesso, alguns elementos são indispensáveis, como: o abraçamento e engajamento da alta direção, treinamentos dos colaboradores, acompanhamento da situação presente, versatilidade das equipes de trabalho, dedicação de tempo para reuniões, dentre outros. Também, melhorias devem ser propostas, e áreas como manutenção, transporte e ajustes, devem receber enfoque.

### 3 METODOLOGIA

O estudo foi realizado em uma empresa multinacional americana de tecnologias múltiplas e estruturada em 6 tipos de negócios: Indústria e Transporte, Saúde, Consumo e Escritório, Segurança, Produtos Elétricos e Comunicação, Controle de Tráfego e Comunicação Visual.

No Brasil, a empresa deu início as suas operações no ano de 1946, e encontra-se em 5 cidades: Sumaré, Itapetininga, Ribeirão Preto e Manaus. E está presente em mais 60 países, sendo o Brasil de grande importância para o faturamento total da multinacional.

A pesquisa teve foco no nicho de negócio “Controle de tráfego” e ocorreu na indústria química situada no Polo Industrial de Manaus, sendo considerada uma fábrica de médio porte que abrange 5 dos 6 grupos de negócios da empresa.

O estudo buscou solucionar o problema constante de não atingimento do plano de produção, o qual gera atrasos e pagamento de multas por falhar com algumas entregas. Ultimamente, a empresa passou a perder licitações perdendo competitividade no mercado e por isso foi necessário o aumento de produtividade da linha, visando atender a demanda e participar de novas licitações, visto que a área de negócio via a demanda mas a empresa enfrentava dificuldades de entregar. Além disso, a máquina detém 26% do faturamento total da empresa, logo sem as novas vendas esse faturamento seria perdido.

Como metodologia do projeto escolheu-se o DMAIC por conta de ser um método estruturado de resolução de problemas. Não entendia-se quais os reais motivos da baixa produtividade e por ser um processo considerado complexo devido ao alto valor monetário do produto, deve-se avaliar todos os riscos e oportunidades. Logo a escolha dessa metodologia foi essencial por englobar de forma detalhada o ciclo PDCA e por trazer consigo ferramentas de análise de dados e de veracidade dos processos de medição dos dados, garantindo que as informações estão coerentes.

A metodologia do desenvolvimento da pesquisa foi baseada em uma pesquisa-ação. Conforme afirma Engel (2000), a pesquisa-ação é um tipo de pesquisa participante engajada, em oposição à pesquisa tradicional, que é considerada como “independente”, “não-reativa” e “objetiva”. Complementando, a pesquisa-ação é um trabalho de natureza empírica, concebido e realizado em estreita associação com a resolução de um problema coletivo, no qual os pesquisadores e participantes representativos da situação estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (THIOLLENT, 1997).

**Figura 8 – Método Pesquisa-ação**

Fonte: Thiollent (1997).

Assim, pode-se entender que a pesquisa-ação é um tipo de pesquisa que diferente das outras tem um uma influência de pessoas representativas para o projeto. Além disso, os dados são analisados com objetivo de solucionar um problema coletivo, ou seja, que afete os indivíduos envolvidos e no final do estudo essa solução seja implementada.

### 3.1 DMAIC

Para colaborar com a análise de dados, sugestão de novas melhorias e a sua implementação foi utilizado na pesquisa a metodologia do DMAIC, (definir, medir, analisar, implementar e controlar).

“Um projeto que utiliza a metodologia DMAIC deve se referir a um problema de desempenho organizacional, o qual tem uma solução desconhecida. Deve haver um conjunto de objetivos mensuráveis ligados a um conjunto de indicadores bem definidos e que correspondam à oportunidade de solução, dentro de uma perspectiva de melhoria contínua” (CLETO e QUINTEIRO, 2011)

Segundo Mim (2014) o DMAIC é uma metodologia focada em “agir”, logo, implementa as melhorias, além disso aborda a coleta e análise de dados, antes da efetivação de qualquer melhoria. Desta maneira, os utilizadores do DMAIC embasam-se em fatos concretos e técnicos, e não em conhecimentos ou habilidades, como acontece em muitas companhias.

Com a utilização do DMAIC, temos uma pesquisa quantitativa, baseada em análise de dados e com o objetivo da implementação das ideias e melhorias, tendo garantia que o projeto é mensurável e tenha um time envolvido nas ações e análises. Trazendo assim diferentes vantagens para a empresa, visto que a metodologia não foca em conhecimentos e experiências do líder do projeto e sim na análise do problema como um todo.

### 3.2 DMAIC versus Pesquisa ação

É notório a semelhança entre a pesquisa-ação e a metodologia DMAIC, ambas têm o objetivo, como mencionado, desde a análise dos dados até a implementação das melhorias.

Usevicius (2004) assegura que as principais semelhanças entre as metodologias são o desenvolvimento de hipóteses, coletas de dados, planos de ação e as habilidades indispensáveis para conduzir um projeto pelo pesquisador da pesquisa-ação ou pelo *Black Belt*.

Já Evangelista (2018), complementa essa ideia comparando os cronogramas de cada metodologia, a figura abaixo mostra essa correlação:

**Figura 9** – Correlação entre a pesquisa-ação e DMAIC

PESQUISA AÇÃO		DMAIC	
ETAPAS	OBJETIVOS	ETAPAS	OBJETIVOS
Fase exploratória	Determinação do campo de pesquisa, os envolvidos e suas expectativas	<b>Definir</b>	Identificação do problema, tema, área e constituição de um time multifuncional
Tema da pesquisa	Definição do tema da pesquisa		
Colocação dos problemas	Definição da problemática no qual o tema da pesquisa será desenvolvido		
Seminário	Constituição do grupo dos pesquisadores		
Campo de observação	Delimitação do campo de observação no qual o tema é aplicável	<b>Medir</b>	Levantamento dos dados e mensuramento das variáveis do processo
Coleta de dados	Aplicação de técnicas para coleta de dados		
Hipóteses	Formulação de suposições de soluções para resolução do problema	<b>Analisar</b>	Análise e identificação da causa raiz
Análise de dados	A análise e interpretação dos dados obtidos devem ser realizados		
Plano de ação	Elaboração do plano de ação	<b>Implementar</b>	Execução do plano de ação para corrigir ou reduzir as variáveis
Divulgação dos resultados	Divulgação dos resultados aos membros do grupo e externamente para áreas interessadas	<b>Controlar</b>	Padronização e conclusão

Fonte: Evangelista (2018).

## 4 APLICAÇÃO DO MÉTODO

### 4.1 Definir

Essa etapa do projeto trata-se do momento de estabelecer as direções, objetivos e ganhos do projeto, buscando o histórico e as principais dores para justificar a necessidade do projeto, conhecido na fábrica da pesquisa como *"Project Background"*. Também serão definidas quais são as métricas avaliadas e acompanhadas, papéis e responsabilidades dentro do time.

Definiu-se que o projeto teria a duração de 4 meses, pois era necessário que a coleta de dados fosse realizado de maneira assertiva.

O time deve ser formado por uma equipe multidisciplinar, obrigatoriamente composta por no mínimo um Especialista de manufatura e um Engenheiro de Processos, pois são responsáveis pelo balanceamento da linha e o maquinário, respectivamente. Além disso, faz parte do time os operadores, que trabalham no dia a dia do processo e operam a máquina; facilitadores, que são responsáveis por atualizar todos os indicadores, justificarem com os operadores as horas de metas não batidas, rodar PDCA's na área e ser a primeira etapa da cadeia de ajuda; e coordenadores de produção, responsáveis por reportar para o supervisor de produção os principais problemas do dia e fazer a gestão de operações da área.

Para validar e entender todas as responsabilidades dos membros do projeto utilizou-se uma matriz de composição de time.

Figura 10 – Tabela de Composição do time

Project Slitter#6													
Composição do Time													
Team Members	Conhecimentos ("Sabe o que é e como usar")							Habilidades ("Pode fazer")			Habilidades ("Pode fazer em situações únicas")		
	Técnico em cortadeiras	Processo de conversão da máquina	Stakeholders	Metodologia de análise de dados	Conhecimento técnico sobre o produto	Ferramentas da qualidade	Ferramentas Lean Six Sigma	Liderança em projetos	Apresentação	Influência sobre o time da produção	Negociação	Comunicação	Atributos de liderança
Especialista de manufatura		x	x	x		x	x	x	x		x	x	x
Engenheiro de processo	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
Operador 1		x											
Operador 2		x											
Facilitador		x				x			x	x	x	x	
Coordenador		x	x	x		x		x	x	x	x	x	x
Supervisor de produção	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x

Fonte: Autor (2021).

Posteriormente, informou-se o Defensor do projeto sobre o início do projeto, pois é responsável por verificar se todas ações estão coerentes com o objetivo final e também ajudará

o líder do projeto a conseguir recursos financeiros e ultrapassar obstáculos se necessário, para que o planejamento flua da melhor maneira e dentro do prazo.

A tabela abaixo mostra de forma resumida as pessoas que compõem o projeto e seus objetivos:

**Figura 11** – Cargos auxiliares do projeto

Função	Cargo designado
Green Belt	Especialista de manufatura
Black Belt	Black Belt
Defensor do Projeto	Gerente do Site de Manaus
Dono do processo	Supervisor de produção
Consultora Lean Six Sigma	Coach do Lean Six Sigma
Consultor de Finanças	Controlador Financeiro

Fonte: Autor (2021).

Com o time definido, apresenta-se para todas as pessoas do time a importância do projeto e mostram-se os motivos e estratégias da companhia que culminaram no seu nascimento. O projeto em estudo surgiu devido a várias ocorrências de não atendimento do plano de produção e atraso nas entregas para o cliente final, aumentando o lead time do produto. Além disso, os produtos são produtos considerados caros pelo mercado, logo, quanto mais alto o tempo de ciclo de um produto em máquina, mais caro o produto fica, diminuindo a competitividade no mercado de fitas refletivas.

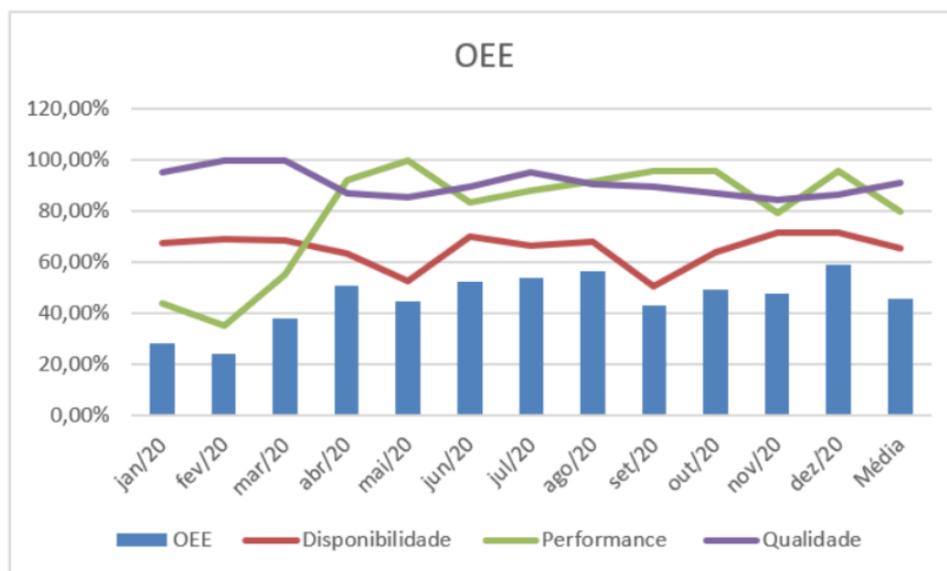
Contudo, para o entendimento geral do processo antes do início e para o acompanhamento durante e após a implementação, deve-se definir as métricas do projeto. A métrica principal foi a de produtividade média, OEE da linha e tempo de setup. A produtividade média antes do projeto era de 13 rolos por hora para película refletiva placa Mercosul (figura 11) e 14 rolos por hora para a faixa refletiva veicular branca.

**Figura 12** – Faixa refletiva veicular

Fonte: Site da DM Reflective Material, 2020<sup>3</sup>

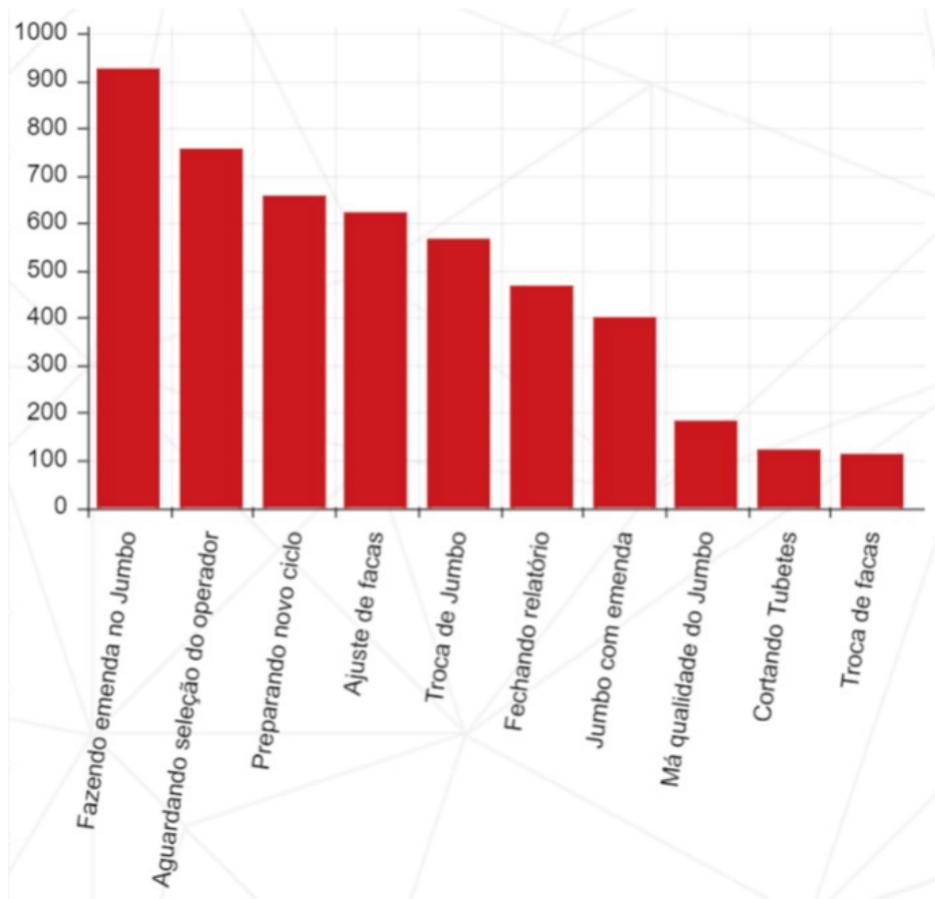
<sup>3</sup>Disponível em: <https://dmrefletivos.com.br/faixa-refletiva-dm/>. Acesso em: 20 junho, 2021.

O OEE médio era de 49,9%, sendo disponibilidade 65,1%, performance 86,3% e qualidade 88,7%. Percebe-se que a disponibilidade era o menor índice do indicador, o qual mostra em porcentagem o quanto a máquina está disponível para a produção, assim como mostra a figura abaixo:

**Figura 13** – Gráfico de OEE utilizado como Base para o projeto

Fonte: Autor (2021).

Desenvolveu-se então um gráfico com os principais motivos de redução da disponibilidade da máquina, e a partir disso verificou-se que as razões são concentradas no *Setup* realizado na máquina, não apresentando paradas de máquina não programadas ou *downtimes* conforme figura abaixo:.

**Figura 14** – Gráfico de paradas da máquina

Fonte: Autor (2021).

Para o tempo de *Setup* foi necessário acompanhar o processo produtivo, criar um mapeamento das etapas necessárias e o tempo de cada uma delas. Esse processo será abordado novamente na próxima etapa do DMAIC, na qual foi feita a medição desses tempos.

Como última atividade dessa etapa, definiu-se o escopo do projeto, o qual necessita ser bem desenvolvido e estruturado para que a equipe tenha uma visão clara dos limites, objetivos, entregas, responsáveis, custos, prazos, atividades, restrições e premissas do plano.

Figura 15 – Escopo do projeto

Project Name	Performance improvement in Reflective sheets conversion					
Function or Business Team	TSD					
Project Leader	Especialista de Manufatura					
Project Champion(s)	Gerente do site de Manaus					
Element	Description					
Project Description	Aumento de produtividade da Cortadeira#8, devido ao aumento de demanda e pedidos atrasados.					
Corporate Critical Y	Cost					
Business Critical Y	Factory: Productivity					
Process/Value Stream	Processo de conversão e setup da C#8					
Defects	A máquina está rodando em velocidade muito baixa, os tempos de setup e alinhamento de faca estavam elevados para a complexidade da máquina.					
Project Y-Goal Statement	Aumentar a produtividade da máquina em 30%					
Metrics to be used to measure success	ID	Name	Baseline	Goal	Entitlement	Units
	Y1	Produtividade Mercosul	13	18	21	rolos
	Y2	Produtividade AIP	10	15	15	rolos
	Y2	Tempo de setup	02:44:47	00:37:03	00:10:00	Horas:minutos:segundos
	CB2	Yield Loss	15	15	15	%
	CB3	Mão-de-obra	2	2	2	Pessoas/turno
Scope	In: Setup de itens que vem no rack de madeira, Setup dos itens que vem nos racks de metal, Produtividade dos itens de maior volume (Mercosul Carro, Mercosul Moto e AIP). Out: Os demais itens não priorizados por conta do baixo volume de produção, ações que dependem do fornecedor devem ser direcionadas a outro projeto					

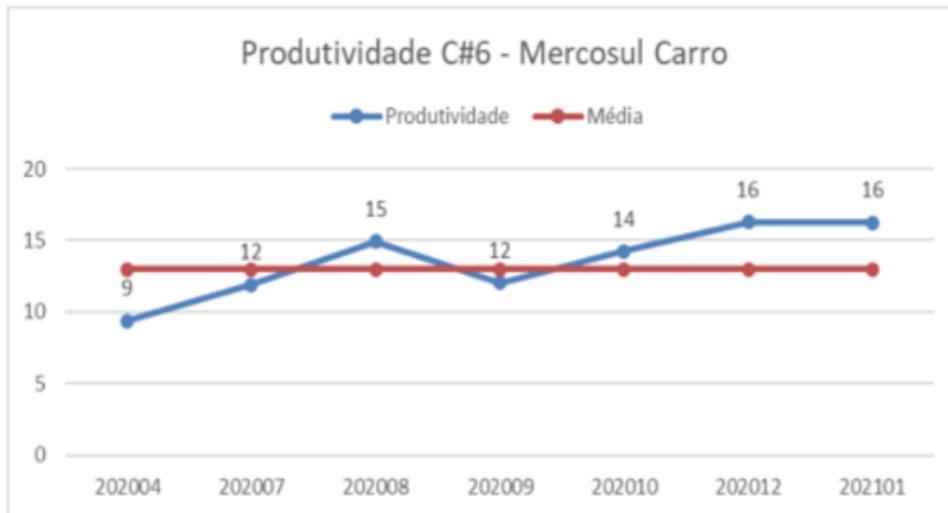
Fonte: Autor (2021).

Com todas essas pré-análises e necessidades de mercado tem-se como principal foco o ganho de 30% de produtividade com o projeto.

## 4.2 Medição

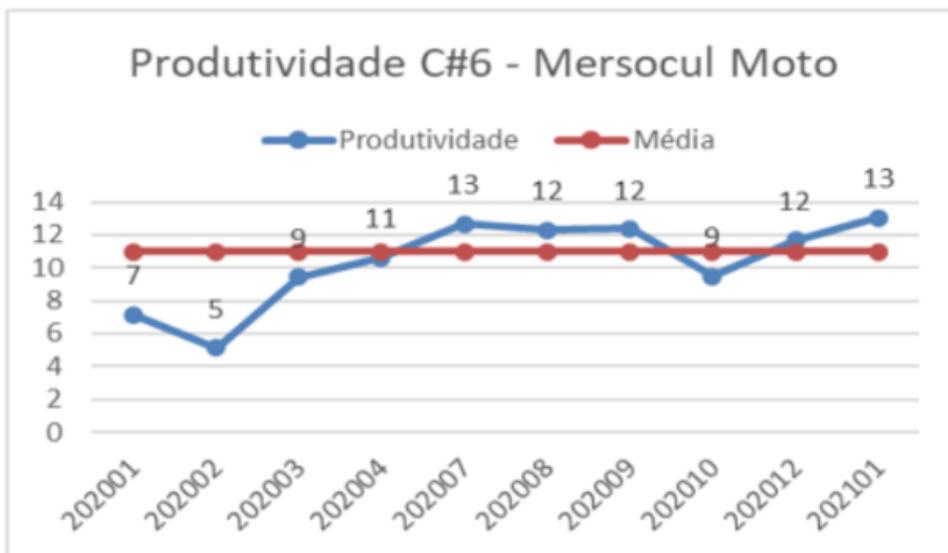
Após a etapa Definir, vai-se para a Medição, na qual será determinado o foco do projeto. Deve-se medir o desempenho atual do processo focando nas saídas e identificando as principais entradas, além de validar o sistema de medição atual. Inicialmente deve ser feito um gráfico de controle do processo, assim consegue-se definir o desempenho do processo antes da implementação do projeto em si de forma mais visual. Logo abaixo são apresentados os gráficos de controle com a produtividade por hora dos produtos de maior volume da máquina junto com o gráfico de balanceamento dos mesmos itens, que tem como objetivo verificar a quantidade de tempo despendido de cada operador e se é possível atingirmos o *takt time*, da linha.

**Figura 16** – Gráfico de produtividade do Mercosul Carro



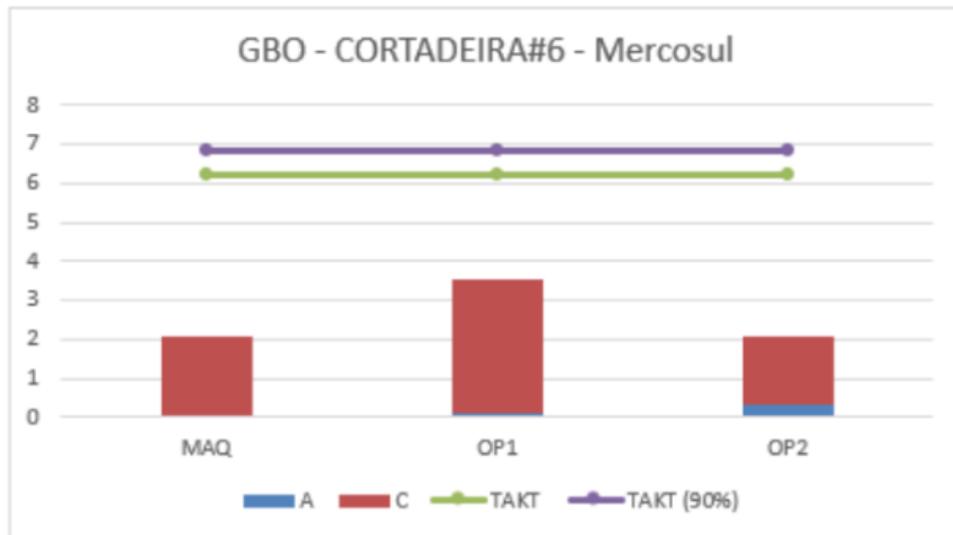
Fonte: Autor (2021).

**Figura 17** – Gráfico de produtividade do Mercosul Moto



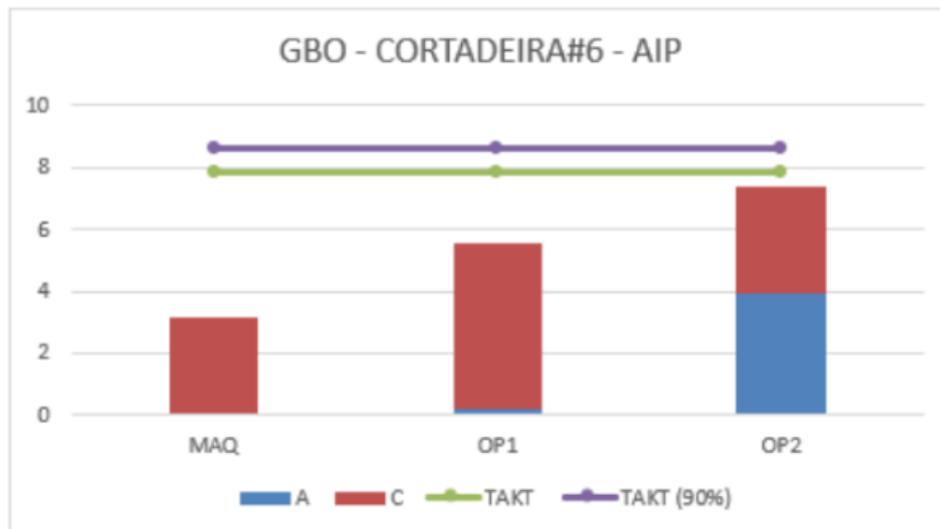
Fonte: Autor (2021).

**Figura 18** – Gráfico de balanceamento de linha antes do projeto item Mercosul



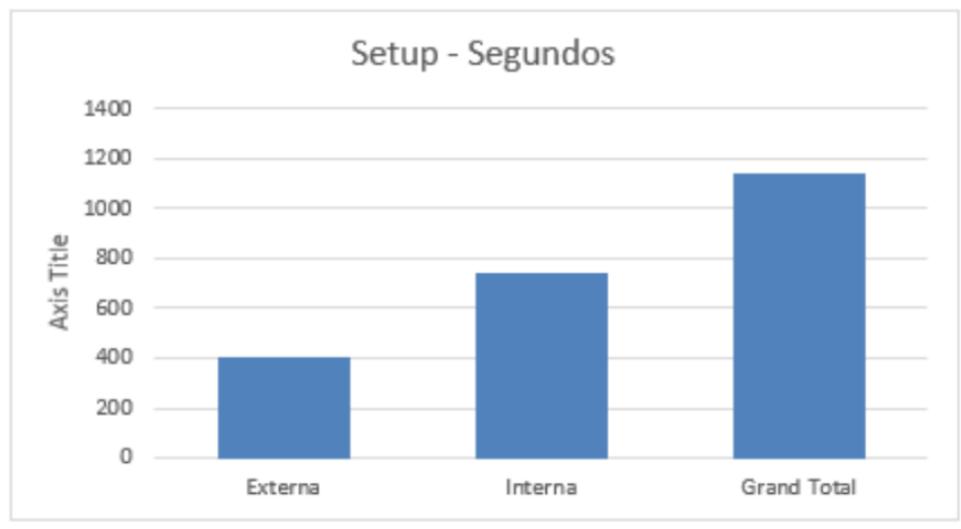
Fonte: Autor (2021).

**Figura 19** – Gráfico de balanceamento de linha antes do projeto item AIP



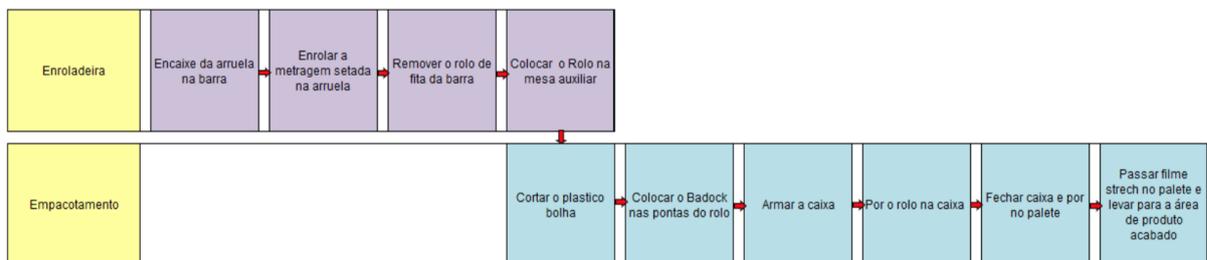
Fonte: Autor (2021).

Além disso, um ponto essencial do projeto é o entendimento do tempo *setup* e como o mesmo está dividido em tempo, que também é apresentado abaixo.

**Figura 20** – Gráfico de divisão do tempo de setup em interno e externo

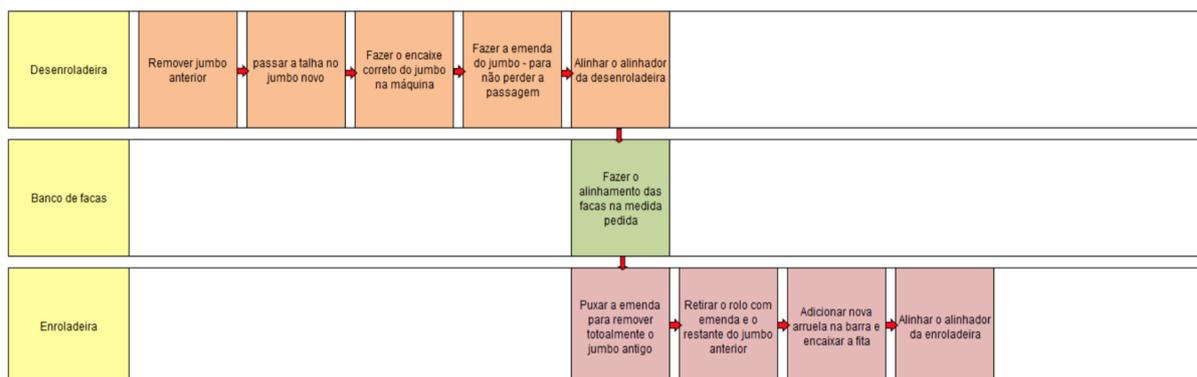
Fonte: Autor (2021).

Contudo, apenas entender os números do processo não é suficiente para compreendê-lo, deve-se saber as entradas do processo e como é sequência do mesmo através de um mapeamento de processo. No projeto foi utilizado o *Cross functional map*, que mostra tanto as atividades macros quanto às micros da produção dos rolos de fitas refletivas.

**Figura 21** – Mapa do processo estudado

Fonte: Autor (2021).

**Figura 22** – Mapa de Setup do processo



Fonte: Autor (2021).

No mapa acima pode-se ver as falhas do processo, depois de listá-las e buscar entender quais têm maior impacto, foi utilizado a matriz de causa e efeito como ferramenta de apoio para a priorização das atividades nas próximas etapas. As principais falhas foram:

1. Falhas constantes no alinhador das facas;
2. Procedimento do alinhador não padronizado;
3. A matéria prima vem com muitos defeitos;
4. Dificuldade em ver os defeitos vindo da matéria prima;
5. Velocidade baixa da máquina;
6. Setup não padronizado;
7. Luz baixa da máquina;
8. Matéria prima vindo em racks de madeira;
9. Materiais não organizados próximos ao operador;
10. Método não padronizado de troca de jumbo;
11. Posicionamento de luzes não padronizado;
12. Falta de um banco de facas extra;
13. Botões de máquina não estão visíveis;

Figura 23 – Matriz de Causa e Efeito do projeto

Cause and Effect Matrix										
		9	Strong Effect							
		3	Moderate Effect							
		1	Remote Effect							
		0	No Impact							
		Weightings								
I	Process Str	Disconnect / Input (Post-it Note)	Produtividad e Merco	Produtividad e AIP	Tempo de Setup	Yield Lc	Headcor	Total	Pareto	Pareto acumulado
2	Machine	Problemas com o alinhador	9	9	9	9	0	306	10%	10%
15	Method	Procedimento de uso do alinhador não padronizado	9	9	9	9	0	306	10%	21%
11	Materials	A matéria prima com muitos defeitos	9	9	3	9	0	252	9%	29%
13	People	Dificuldade em ver os defeitos da matéria prima	9	9	0	9	0	225	8%	37%
9	Method	Procedimento de alinhamento de facas não padronizado	9	3	9	3	0	216	7%	44%
3	Machine	Velocidade baixa da máquina	9	9	3	0	0	189	6%	51%
8	Method	Tempo de setup não padronizado	3	3	9	0	9	180	6%	57%
6	Method	Setup não padronizado	3	3	9	3	3	171	6%	63%
1	Machine	Luz baixa para ver os defeitos do	9	0	0	9	0	153	5%	68%
12	Materials	Materia prima vindo em hacks de madeira	0	0	9	3	9	147	5%	73%
5	Machine	Lâmpadas que não são de LED dificultando a visão	0	9	0	9	0	135	5%	78%
18	Materials	Materiais não estão organizados proximo ao operador	3	3	9	0	0	135	5%	82%
10	Method	Método não padronizado de troca de hack	0	0	9	1	9	133	5%	87%
7	Method	FITs com o tempo não condizentes com a realidade	3	3	3	0	9	126	4%	91%
17	People	Cada operador usa o jogo de luzes que "ajuda" na sua visão	1	1	3	9	0	108	4%	95%
16	Machine	Falta um banco de facas	1	1	9	0	0	99	3%	98%
4	Machine	Botões da máquina não estão mais tão visíveis	1	1	1	1	1	39	1%	99%
14	People	Operadores precisam ser treinados constantemente	0	0	0	3	0	21	1%	100%

Fonte: Autor (2021).

Com a priorização, identificou-se entre as atividades que seriam resolvidas com ações de curto prazo e fácil implementação. Para garantir maior assertividade nas escolhas, utilizou-se a matriz de esforço e impacto como ferramenta para evidenciar quais ações teriam menos esforço e maior impacto.

Melhorias rápidas do processo:

1. Alteração da posição das lâmpadas da máquina;
2. Aumento da velocidade da máquina;
3. Organização do material próximo do operador;
4. Padronizar a troca de jumbo;

Entretanto, para a etapa de medição ser assertiva, o sistema de medição utilizado no processo deve ser validado através da Análise do Sistema de Medição (MSA), a fim de garantir que as tomadas de decisão foram baseadas em dados corretos. Assim, fez-se tanto a cronoanálise do processo com o uso de um cronômetro quanto por filmagens para verificar se os tempos estavam condizentes com os coletados e assegurar que a tomada de decisão seria a mais correta possível.

### 4.3 Análise

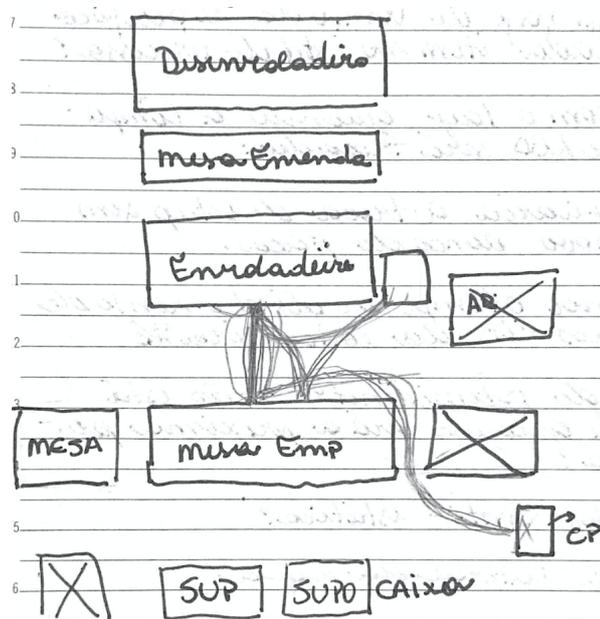
Na etapa de análise, identificou-se as causas de menor impacto no problema em estudo e com o uso de dados desenvolveu-se hipóteses para as causas-raiz do problema a fim reduzir a probabilidade de gerar defeitos no processo.

Para validação das hipóteses fez-se o *benchmarking* com outras filiais da empresa em estudo e pode-se perceber que os principais problemas identificados na máquina são similares

com os identificados pelo time do projeto. Um dos maiores problemas era a troca do jumbo e o alinhamento da faca, por ocasionar maior demora em caso de problemas durante o *setup*. Com o estudo feito concluiu-se que a troca de jumbo poderia impactar mais que o alinhamento de facas, pois o primeiro demorava mais que o segundo, e caso ocorresse problemas como a quebra da talha ou falta da cinta de elevação não seria possível realizar o processo.

Também utilizou-se o Diagrama de Spaghetti para validar a hipótese de desperdícios por movimentação excessiva do operador. No *layout* da área em estudo mostrado na imagem abaixo, traçou-se todas as linhas que representam a trajetória percorrida durante a execução das atividades do processo. A utilização da ferramenta de forma manuscrita é feita de forma proposital para facilitar sua aplicação.

**Figura 24** – Diagrama de Spaghetti utilizado no projeto



Fonte: Autor (2021).

A quantidade excessiva de linhas traçadas fez com que se constatasse que alguns objetos utilizados estavam distantes do alcance do operador. Alguns desses materiais são os insumos como arruelas e caixas de despacho, com isso, os operadores perdiam muito tempo quando precisavam trocar tais matérias-primas. Outro ponto que deve ter sua hipótese comprovada é sobre a máquina estar em uma velocidade considerada baixa. Para isso, utilizamos novamente o gráfico de balanceamento de linha, que mostra o quanto cada operador depende do seu tempo nas suas atividades e o takt time do produto estudado.

A conclusão extraída da análise do gráfico foi a possibilidade de aumento da meta, haja vista ter-se uma diferença entre ambos, assim pôde-se comprovar um aumento de 24% da meta do produto MERCOSUL CARRO e em 25% do produto API. A falha constante do alinhador de facas e a quantidade excessiva de problemas com a matéria prima, são outras duas hipóteses que

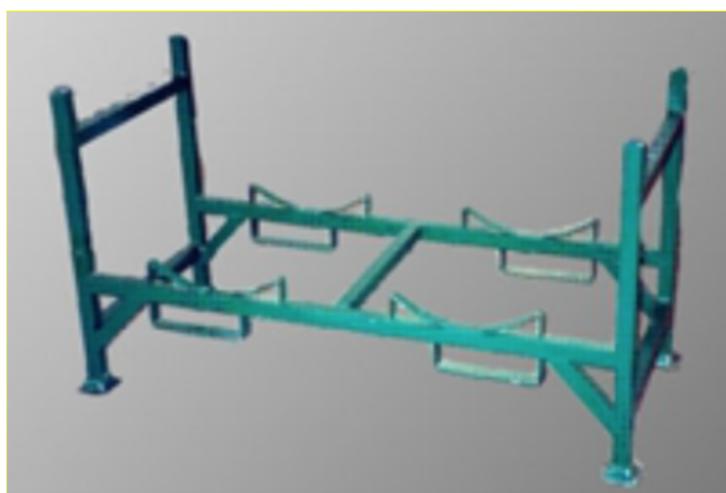
podem ser comprovadas de forma conjunta. A partir do sistema utilizado na fábrica para cálculo do OEE para cada ordem produzida na máquina conseguimos dados mais específicos. A partir dessas ordens, principalmente do produto MERCOSUL CARRO, atestou-se uma perda de 20% por conta da dificuldade do alinhamento correto das facas devido ao design do produto. Essa perda é originada no setup, quando o operador ao tentar ajustar o alinhamento da cortadeira tem a perda do produto ao ser cortado erroneamente.

No que tange aos problemas com a matéria-prima, observando o sistema detectou-se que em outras faixas refletivas tem-se também uma perda elevada, porém atentou-se que é um problema oriundo do processo feito pelo fornecedor. Por conta dos problemas com o fornecedor, decidiu-se que esse tópico saísse do escopo do projeto e que essa ação fosse direcionada para um projeto já aberto pelo Engenheiro de produto e qualidade.

Por fim, a última hipótese comprovada foi o quanto os racks de madeira impactam no processo. Para isso também foi utilizado a cronoanálise para comparar o tempo de passagem da cinta de transporte em um jumbo alocado em um rack de madeira e outro de metal, assim descobrimos que essa atividade dura 40 minutos e 20 minutos, respectivamente, além de necessitar 2 operadores para fazer a troca. A diferença entre ambos decorre da dificuldade de execução da atividade, os racks de madeira são completamente fechados em todas as suas laterais o que impossibilitou a passagem normal da cinta pelo jumbo.

A figura 21 apresenta um rack de metal com suas laterais abertas, sendo essas laterais similares com o rack utilizado na fábrica. Já a figura 22 mostra um rack de madeira similar, mostrando todo o enclausuramento no produto.

**Figura 25** – Rack similar ao rack de metal utilizado



Fonte: Site da Fermoltec<sup>4</sup>.

<sup>4</sup>Disponível em: <https://www.fermoltec.com.br/racks.html>. Acesso em: 30 junho, 2021.

**Figura 26** – Rack similar ao rack de madeira utilizado



Fonte: Site da Adezan<sup>5</sup>

<sup>5</sup>Disponível em: <https://adezan.com.br/pt/adezan>. Acesso em: 30 junho, 2021.

#### 4.4 Melhoria

A quarta e penúltima etapa tem como objetivo propor, avaliar e implementar soluções para os problemas apresentados, desenvolver procedimentos para as causas-raiz e testar soluções padronizadas. Com as hipóteses comprovadas pode-se reunir o time novamente para montar o plano de ação de melhoria nas principais falhas apontadas.

Para facilitar a reunião de plano de ação realizou-se um *brainstorm* não estruturado para obter várias ideias de diferentes áreas. Em seguida, aplicou-se a ferramenta de qualidade 5W2H com o intuito de convergir e organizar as ideias, facilitando o acompanhamento do líder do projeto em relação aos prazos das ações. Para garantir a segurança, todas as ações de melhoria do projeto foram alinhadas com o time de Segurança do Trabalho da fábrica.

**Figura 27** – Aplicação da ferramenta 5W2H

O que?	Por que?	Plano de ação				
		Onde?	Quando?	Quem?	Como?	Quanto?
Alteração da posição das lâmpadas na máquina	Auxilia na detecção de problemas de qualidade	Lampadãs atrás da passagem da fita	12/fev	Engenheiro de processos	Solicitar para a manutenção alterar o posicionamento das lâmpadas para cima	N/A
Aumento da velocidade da máquina	Aumentar a produtividade	Painel de controle	10/fev	Engenheiro de processos	realizar teste de alteração de velocidade e abrir um chamado para o departamento de padrões alterar a documentação	N/A
Organização do material próximo ao operador	Reduzir as movimentações desnecessárias do processo	Layout geral	09/fev	Especialista de Manufatura	Analisar o mapa de spaghetti e verificar onde será necessário aproximar e seguir com a ação	N/A
Fazer o estudo Externo e Interno - SMED	Aumentar a disponibilidade da máquina	Enroladeira e desenroladeira	15/fev	Especialista de Manufatura	Cronometrar o tempo, analisar as atividades e abrir um chamado para o depto. De padrões	N/A
Padronizar o Setup	Garantir que o Setup será feita da melhor maneira conhecida até o momento	Documentação	20/fev	Especialista de Manufatura	abrir chamado após estudo para o Dpto de padrões	N/A
Separação do banco de facas	Aumentar a disponibilidade da máquina e reduzir o tempo de setup	Banco de facas	15/fev	Engenheiro de processos	verificar com o ferramental toda a programação de produção e analisar as trocas de facas	N/A
Adquirir uma segunda cinta de transporte	Facilitar a troca do jumbo com rack de madeira e metal	Almoxarifado	15/fev	Coordenador de produção	ir ao almoxarifado e solicitar	R\$1.230,00
Treinamento e documentação da troca de rack	Garantir que todos os operadores irão agir conforme documentação do processo	Sala de treinamento	23/fev	Facilitador de produção	treinar os operadores na documentação e auditar	N/A
Alteração do ferramental	Trazer a melhor sequência de produção para o processo	Sistema interno	20/fev	Especialista de Manufatura	recriar logica da sequencia de produção e realizar a troca no sistema	N/A
Troca do alinhador	Alinhar de maneira mais rápida e reduzir as perdas no processo	Ferramental	20/fev	Manutenção	trocar o alinhador obsoleto pelo novo	R\$16.000,00

Fonte: Autor (2021).

Com o intuito de melhorar o entendimento dos ganhos do projeto dividiu-se as ações em 2 grandes etapas: “Aumento do plano de produção” e “Redução do tempo de setup”.

Na primeira etapa, o Engenheiro de Processos ampliou a velocidade da máquina de 15m/s para 25m/s, passando a meta de produção de 13 para 18 rolos por hora, um aumento de 25%. Com isso, foi necessária a troca do posicionamento das lâmpadas na máquina, que são indispensáveis para refletir a fita. Antes o operador tinha um momento de reação menor caso verificasse um defeito na matéria prima, lâmpadas subiam para que fossem identificadas as avarias no ponto mais alto possível e durante o processo não ocorresse o risco de o defeito passar para o produto final o que ocasionaria o descarte total da fita. Com essas duas ações finalizou-se a primeira etapa e nos partiu-se para a segunda etapa do plano de ação.

Já na segunda etapa, um dos pontos principais do projeto foi a implementação da Metodologia SMED, ou trocas rápidas de ferramentas, que tem como objetivo reduzir o tempo necessário para a execução de setup. Primeiramente, identificou-se todas as atividades que são externas, atividades que podem ser realizadas com a máquina funcionando, e as atividades internas, que devem ser realizadas com a máquina parada.

Anteriormente, para a realização do setup não existia essa divisão, as atividades externas eram feitas com a máquina desligada, reduzindo a performance e entrega da linha. Após a implementação do SMED estabeleceu-se atividades de preparação do setup, realizadas antes de desligar a máquina. Com isso, o tempo de setup interno da linha durava 2 horas, 12 minutos e 21 segundos.

**Figura 28** – Tempo de setup antes do projeto (Hack de Madeira)

Cenário Antes (Hack Madeira)		
Atividade	Tempo	Tipo de atividade
TROCAR O JUMBO DE MADEIRA	0:40:00	Interna
REMOVER A BARRA DA MÁQUINA	00:02:28	Interna
POSICIONAR O JUMBO E PASSAR A CINTA	00:01	Interna
TIRAR A BARRA DO CAMINHO	00:00	Interna
POSICIONAR O JUMBO COM A TALHA	0:01	Interna
ENCAIXAR O JUMBO NA MÁQUINA	0:03	Interna
FAZER EMENDA NO JUMBO	0:00	Interna
POR A BARRA ANTIGA NO HACK	00:29	Interna
ORGANIZAR A ÁREA E DAR O START NA MÁQUINA	00:02	Interna
PUXAR A EMENDA DO JUMBO	0:00	Externa
CORTAR A EMENDA DO JUMBO PARA NÃO PASSAR PARA O ROLO	0:02	Externa
FAZER A EMENDA	0:01	Externa
FINALIZAR O ROLO (COM VELOCIDADE BAIXA PARA NÃO ESTOURAR A EMENDA)	0:01	Externa
ALINHAMENTO DE FACA	1:20:00	Interna
<b>TOTAL</b>	<b>02:47:15</b>	

Fonte: Autor (2021).

A atividade mais demorada do processo era o alinhamento de facas, com o total de 2 horas. Ela era realizada no banco de facas pelos operadores da máquina e não pela equipe de ferramental, resultando no atraso de todo o processo. Além disso, era sempre utilizado a mesma

barra de suporte e as mesmas facas, ao invés de usar um segundo banco de facas que a empresa já detinha. Com isso, realizou-se um alinhamento com a equipe de ferramental para cada ordem de produção já deixar o banco de facas reserva preparado apenas para realizar a sua troca.

Outras três atividades identificadas foram: passagem da cinta de transporte pelo jumbo, organização da área após o setup e organização do rack antigo para devolução à logística. Após a redistribuição de atividades, realizou-se o setup em 9 minutos e 48 segundos, considerando-se o aumento da meta de produção para 18 rolos/hora, resultando em um aumento de entrega de produtos para 37 rolos a mais por setup.

**Figura 29** – Tempo de setup depois do projeto (Hack de Madeira)

Cenário Depois (Hack Madeira)		
Atividade	Tempo Depois	Tipo de Atividade
TROCAR O JUMBO DE MADEIRA	0:40:00	Externa
REMOVER A BARRA DA MÁQUINA	00:02:28	Interna
POSICIONAR O JUMBO E PASSAR A CINTA	00:01	Externa
TIRAR A BARRA DO CAMINHO	00:00	Interna
POSICIONAR O JUMBO COM A TALHA	0:01	Interna
ENCAIXAR O JUMBO NA MÁQUINA	0:03	Interna
FAZER EMENDA NO JUMBO	0:00	Interna
POR A BARRA ANTIGA NO HACK	00:29	Externa
ORGANIZAR A ÁREA E DAR O START NA MÁQUINA	00:02	Externa
PUXAR A EMENDA DO JUMBO	0:00	Externa
CORTAR A EMENDA DO JUMBO PARA NÃO PASSAR PARA O ROLO	0:02	Externa
FAZER A EMENDA	0:01	Externa
FINALIZAR O ROLO (COM VELOCIDADE BAIXA PARA NÃO ESTOURAR A EMENDA)	0:01	Externa
ALINHAMENTO DE FACA	2:00:00	Externa
Total	0:37:03	

Fonte: Autor (2021).

Durante a implementação do plano de ação reconheceu-se que a ação “alterar os racks de madeira para os de metal” que teve como objetivo reduzir totalmente as dificuldades no uso da cinta de transporte também necessitava do alinhamento com o fornecedor. Por se tratar de um projeto de mudança do transporte do produto, verificou-se que essa ação deveria ser incluída no projeto já mencionado do Engenheiro de Produto e qualidade.

Então, para resolução do problema com tempo de passagem da cinta de madeira implementou-se uma contramedida. Para realizar a passagem da cinta de transporte no rack de madeira é necessário 2 operadores, por conta de todo o enclausuramento e complexidade da ação. Para garanti-la como uma atividade externa no setup, foi alinhado com o coordenador da produção para o abastecedor e o operador realizarem essa etapa, enquanto o operador 1 continua operando a máquina.

Com isso, identificou-se a necessidade rack de metal fixo atrás da máquina, assim quando o abastecedor chegasse com o rack de madeira iriam realizar a troca de racks e já deixariam o próximo jumbo preparado para o setup no rack de metal. No entanto, para garantir a execução da operação é necessário ter 2 cintas de transporte no local, uma para o jumbo que vai entrar e uma para remover o jumbo antigo da máquina.

Como penúltima ação, revisou-se a ordem de entrada de produtos da máquina. Anteriormente não existia uma ordem padronizada da entrada dos jumbos ou alinhamento de facas e ocorriam diversas trocas de jumbo desnecessárias. Como exemplo para um melhor entendimento, um jumbo A está cortando com a faca A1, a próxima ordem será o jumbo B com a faca A1, logo após o jumbo B voltamos para o jumbo A com a faca A2, porém a troca de jumbo demora 38 minutos a mais do que uma troca de facas após suas melhorias. Então, fez-se uma padronização em que o setup tem como prioridade não trocar o jumbo e sim as facas.

Por fim, realizou-se a troca do alinhador da cortadeira, responsável por alinhar as tensões da cortadeira no jumbo e facas. Desse modo, conseguiu-se estabilizar a perda de material durante o setup.

#### **4.5 Checar**

A última etapa do DMAIC tem como objetivo, medir o desempenho do novo processo, estabelecer os controles necessários para assegurar os ganhos obtidos, monitorar a estabilidade do processo, encerrar o projeto e corrigir o problema se necessário.

Um dos pontos essenciais para a garantia da continuidade do projeto é a padronização das ações e criação das documentações para o processo. Assim, caso tenha novos operadores eles serão treinados com base na documentação criada com o novo processo.

Os documentos desenvolvidos foram uma ficha de instrução de trabalho e um procedimento operacional padrão. O primeiro tem a finalidade de listar todas as atividades do processo em sequência, com o tempo e a pessoa responsável, além de informar se a atividade é externa ou interna, facilitando a operação ao realizar o *setup*.

Figura 30 – Exemplo de uma Ficha de instrução de trabalho

FIT SETUP (FOLHA DE INSTRUÇÃO DE TRABALHO)								
ID	ED	DATA REV.	LINHA DE PROD	ÁREA	OPERAÇÃO	POSTO	FOLHA	
					TROCA DE JUMBO COM HACK DE MADEIRA			
P A S S O	TIPOS: (I) Interno (E) Externo	ELEMENTO DE TRABALHO	ID STD OPERACION AL	FREQ.	Tempo da atividade (h:min:s)	RESP (X)		
						OP. 1	OP. 2	AB.
1	E	REMOVER O JUMBO DO HACK DE MADEIRA	AXZ-WVY	Quando necessário	0:25:00		X	X
2	I	REMOVER A BARRA DA MÁQUINA		A cada setup	0:11:01	X	X	
3	I	TIRAR A BARRA DO CAMINHO		A cada setup	0:08:30		X	
4	I	POSICIONAR O JUMBO COM A TALHA		A cada setup	0:11:53	X		
5	I	ENCAIXAR O JUMBO NA MÁQUINA		A cada setup	0:03:00	X	X	
6	I	FORA BARRA ANTIGA NO HACK		A cada setup	0:08:23		X	
7	E	ORGANIZAR A ÁREA		A cada setup	0:02:04		X	
8	E	PULGAR A EMENDA DO JUMBO		A cada setup	0:00:05	X		
9	E	CORTAR A EMENDA DO JUMBO PARA NÃO PASSAR		A cada setup	0:02:34	X		
10	E	FAZER A EMENDA		A cada setup	0:11:58	X	X	
11	I	ALINHAMENTO DE FACAS		Quando necessário	0:10:00	X		
12								
34								
35								
INFORMAÇÕES RELEVANTES:								

Fonte: Autor (2021).

Já o segundo documento tem como objetivo ensinar o passo a passo de cada atividade contida na ficha de instrução de trabalho, garantindo a padronização e controle do processo independente da inclusão de pessoas novas.

Figura 31 – Procedimento padrão similar

PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO – SETUP IMPRESSORAS			
<p><b>Itens com preparação antecipada (Setup EXTERNO):</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Verificar no quadro de setup e programação qual a próxima troca a ser realizada.</li> <li>2 Tintas já preparadas próximas a máquina, com controle de secagem e viscosidade;</li> <li>3 Camisas porta clichês próximas a máquina, identificadas por cor, com colagem conforme procedimento;</li> <li>4 Acessórios disponíveis: facas, bombas, banheiras, mangueiras, panos, solvente, anilox, etc;</li> <li>5 Bobina de acerto já montada na máquina, com largura adequada, antes do término da última bobina do produto anterior;</li> <li>6 Material do cliente próximo da máquina, com o tratamento verificado;</li> <li>7 Montagem do tubo para o próximo serviço;</li> <li>8 Disponibilizar ficha de troca de serviço e padrão de cores aprovado;</li> <li>9 Realizar todas as preparações possíveis com a máquina rodando o produto anterior, SOMENTE para as cores que não estão sendo utilizadas.</li> </ol>		<p><b>Roteiro para troca do serviço (Setup INTERNO):</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Parar as bombas de tinta e bateções de anilox;</li> <li>2 Afastar as cores que estavam sendo utilizadas;</li> <li>3 Abrir as facas sem sujar suportes e retirar mangueiras para as cores que não serão utilizadas ou reaproveitadas;</li> <li>4 Limpar anilox com pano e solvente;</li> <li>5 Trocar camisas anilox conforme configuração; ATENÇÃO PARA NÃO FORÇAR E DANIFICAR AS CAMISAS;</li> <li>6 Trocar camisas porta clichê, obedecendo guias para pré registro; ATENÇÃO PARA NÃO FORÇAR E DANIFICAR AS CAMISAS;</li> <li>7 Fechar as facas, subir as tintas, acionar bateções e fazer ajuste de facas;</li> <li>8 Programar diâmetro para encosto conforme tabela;</li> <li>9 Fazer encosto das cores;</li> <li>10 Fazer ajuste de pressão e registro utilizando bobina de acerto;</li> <li>11 Fazer ajuste de cores com base no padrão;</li> <li>12 Substituir bobina de acerto por material do cliente;</li> <li>13 Preencher checklist de aprovação;</li> <li>14 Aprovar serviço e iniciar produção.</li> </ol>	
Anexo ao procedimento:	Aprovado por:	Data de aprovação:	

Fonte: Site da Kimia Consultoria<sup>6</sup>.

<sup>6</sup>Disponível em: <https://www.kimia.com.br/como-elaborar-um-pop-procedimento-operacional-padrao-para-industrias-veja-aqui/>. Acesso em: 1 julho, 2021.

Além dos documentos, incluiu-se o treinamento de setup na matriz de qualificação da operação, ou seja, todas as pessoas que forem operar a máquina devem ser treinadas no procedimento estabelecido e a matriz atualizada para o melhor acompanhamento.

Após a padronização do processo, o time do projeto, os operadores de produção, facilitadores e coordenadores de todos os turnos foram treinados pelo Especialista de Manufatura baseado no novo procedimento e as matrizes de qualificação foram atualizadas.

Além disso, foram realizadas auditorias semanais ao longo de 4 meses por parte do Coordenador da produção, que será responsável por garantir que a operação atue conforme a documentação da área. O setup da máquina também foi acompanhado pelo Especialista de manufatura por 2 meses.

Para concluir a padronização e controle do projeto implementado, realizou-se um plano de controle, para caso existissem problemas em relação ao processo a equipe conseguiria atuar de forma ágil. O plano visa o monitoramento de indicadores, deixando claro os responsáveis e como será realizado.

Figura 32 – Plano de Controle

Indicadores do Process	Estado Desejado	Forma de Monitorament	Frequência do monitoramento	Plano de Reação	Responsável	Informações Adicionais
Principais métricas	Qual é o índice para a métrica ser considerada adequada?	Como que esse estado desejado vai ser monitorado?	Qual a frequência de monitoramento das métricas?	Qual será o plano de reação para caso esteja fora da meta?	Quem é responsável pelo monitoramento da métrica?	Tem alguma informação importante além das mencionadas para citar?
Produtividade	Meta de 18 rolos por hora no Mercosul CARRO Meta de 16 rolos por hora no Mercosul MOTO Meta de 15 rolos por hora no AIP	Hora a Hora	a cada hora	Informar os problemas apontados para o não atingimento da meta no HxH	Facilitador	
Tempo de setup	37 minutos de Setup	OEE	todas as quintas no tier#2	Entender em que momento pode ter afetado a disponibilidade e verificar se o setup ficou elevado. Capacitar o time no setup novamente	Coordenador	
Quantidade de operadores	2 Operadores por turno	Carômetro	a cada inicio de turno	Revisão dos operadores	Supervisor de Produção	Acionar o líder do projeto caso seja necessário aumentar a quantidade de operadores
AMNC de insumo	0 AMNCs abertas	indicador de AMNC no tier#2	Diariamente no tier#2	Abriu uma ação para investigar os motivos e escalar ajuda para as áreas envolvidas	Coordenador	
COPQ	15% de perda	indicador de COPQ no tier#2	Todas as Quartas no tier#2	Abriu uma ação no tier#2 para a investigação das perdas acima da meta na linha e traçar um plano de ação para melhoria	Coordenador	
Garantir que os operadores da máquina estão capacitados	Operadores aptos na matriz de qualificação	Matriz de qualificação	Auditorias semanais e a auditoria do Lean	Tracar um plano de treinamento para os operadores e capacitar	Facilitador	
Garantir que os operadores estão treinados na troca de rolos	Operadores aptos na matriz de qualificação	Matriz de qualificação	Auditorias semanais, Auditorias do Lean e Auditorias da qualidade	Tracar um plano de treinamento para os operadores e capacitar	Facilitador	
Garantir frequência de atualização da documentação	Revisão semestral	Envio	Auditorias semanais, Auditorias do Lean e Auditorias da qualidade	Deve ser aberto um chamado no CAM para a revisão do documento	Facilitador	
Garantir o treinamento constante da produção nos detalhes da matéria prima	Operadores aptos na matriz de qualificação	Matriz de qualificação	Auditorias semanais, Auditorias do Lean e Auditorias da qualidade	Tracar um plano de treinamento para os operadores e capacitar	Facilitador	

Fonte: Autor (2021).

Para finalizar, realizou-se os cálculos de ganho de todo o projeto, ao realizar todas as mudanças e implementar todas as melhorias para o mesmo obteve-se:

- Aumento da meta de entrega hora a hora do item Mercosul de 13 para 18 rolos;
- Aumento da meta de entrega hora a hora do item AIP de 11 para 15 rolos;
- Aumento da disponibilidade de máquina em 5%, o OEE anterior 65,1% com a melhoria foi para 70,6%;
- Redução do terceiro turno, tenho um ganho de R\$84.000,00 no ano (Oitenta e quatro mil reais) sem contar com despesas indiretas ao processo como o uso de utilidades;
- Recuperação de 100% dos atrasos de pedidos, era devido 1.119.200 m<sup>2</sup> no mercado e conseguimos fazer essa recuperação e entregar o plano de produção do mês;

Além disso, um ganho que se faz relevante para o futuro da empresa em estudo, é que com a capacidade produtiva e o tempo de ciclo reduzido há mais chances de ganho nas próximas licitações, visto que o produto é muito utilizado em vias públicas, se tornando cada vez mais competitivo no mercado.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo abordou a metodologia de desenvolvimento de projetos *Lean Six Sigma* com o DMAIC e a utilização de diversas ferramentas complementares da engenharia de produção. Com isso, possibilitou-se o aumento da produtividade de uma máquina com diversas falhas em seu processo produtivo através de soluções simples e de baixo custo, com um ótimo resultado para a empresa.

Ao realizar o acompanhamento dos ganhos iniciais do projeto, pode-se observar um aumento em produtividade e redução de custos de mão de obra, visto que obteve-se um aumento na meta hora a hora da máquina e a possibilidade de redução do terceiro turno do processo, conseguindo atingir a capacidade necessária para atender o mercado.

Por conseguinte, constatou-se o quanto a padronização do processo, balanceamento de linha e a necessidade de redução de desperdícios faz-se necessária em qualquer processo produtivo. Pode-se evitar a sobrecarga do operador, paradas de máquina não programadas e setups prolongados, além de não garantir em 100% a qualidade do produto final, visto que não tem um método padronizado a ser seguido.

Também, analisou-se que o estudo correto do processo expõe as reais necessidades de melhoria, ou seja, se é realmente necessário um investimento em novos maquinários ou contratações. No caso do desenvolvimento desta pesquisa, constatou-se que a máquina apenas tinha processos defasados e despadronizados, evitando maiores investimentos por hora.

Além disso, viabilizou-se a aplicação prática da metodologia DMAIC, que é uma metodologia ligada ao *Lean Six Sigma*, que está em crescente desenvolvimento e uso nas indústrias, sendo cada vez mais necessário o conhecimento teórico e prático da mesma.

Por fim, como melhoria contínua do processo sugere-se a realização de um projeto voltado para o desenvolvimento do fornecedor dos jumbos de fita refletiva a fim de reduzir o tempo de setup, visto que algumas ações do projeto foram realizadas de forma paliativa.

## 6 REFERÊNCIAS

ALVAREZ, Roberto dos Reis; ANTUNES JR, José Antonio Valle. **Takt-time:** conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção. *Gestão Produção*, v. 8, p. 1-18, 2001.

ANDRE, Rafael Luis; CALLEFI, Jessica Syrio. **Balanceamento de uma linha de produção em uma indústria metalmeccânica na região de Maringá.** Trabalhos de Conclusão de Curso do DEP, 2018.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos:** Logística Empresarial. Bokman Editora, 2009.

CAKMAKCI, Mehmet; KARASU, Mahmut Kemal. **Set-up time reduction process and integrated predetermined time system MTM-UAS:** A study of application in a large size company of automobile industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 33, n. 3, p. 334-344, 2007.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Qualidade Total-Padronização de empresas.** Falconi Editora, 2014.

CAUSA e Efeito é uma matriz para ver as causas raízes mais significativas. Labone, 2018. Disponível em: <https://www.laboneconsultoria.com.br/materiais/causa-e-efeito>. Acesso em: 20 de junho de 2021.

CLETO, Marcelo Gechele; QUINTEIRO, Leandro. **Gestão de projetos através do DMAIC:** um estudo de caso na indústria automotiva. *Revista Produção Online*, v. 11, n. 1, p. 210-239, 2011.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e operações:** manufatura e serviços: uma abordagem estratégica/Henrique L. Corrêa, Carlos A. Corrêa.–2ª Ed. São Paulo: Atlas, 2006.

DIAS, Mariana. **10 principais indicadores de desempenho organizacional para gestores,** 2021. Disponível em: <https://www.gupy.io/blog/indicadores-de-desempenho-organizacional>. Acesso em: 21 de maio de 2021.

DOMBROWSKI, Uwe et al. **Manufacturing strategy—a neglected success factor for improving competitiveness.** *Procedia CIRP*, v. 41, p. 9-14, 2016.

ENGEL, Guido Irineu. **Pesquisa-ação**. Educar em Revista, p. 181-191, 2000.

FELICE, Fabio; PETRILLO, Antonella; MONFREDA, Stanislao. **Improving operations performance with world class manufacturing technique: a case in automotive industry**. Operations management, p. 1-30, 2013.

GEJDOŠ, Pavol. **Continuous quality improvement by statistical process control**. Procedia Economics and Finance, v. 34, p. 565-572, 2015.

GONÇALVES, Anderson TP; LEITE, Maria SA. **Logistics cost management: insights on tools and operations**. International Journal of Logistics Systems and Management, v. 19, n. 3, p. 329-346, 2014.

GRILLETTI, Lais. **Os 7 processos que fizeram a produtividade dessa indústria dobrar em 3 anos**, 2018. Disponível em: <https://endeavor.org.br/estrategia-e-gestao/os-7-processos-internos-que-fizeram-produtividade-da-alphenz-dobrar-em-3-anos/>. Acesso em: 23 de maio de 2021.

GUIMARÃES, Julio Cesar Ferrro et al. **Inovação no processo e melhoria contínua em uma indústria de plásticos do pólo moveleiro da serra gaúcha**. Sistemas Gestão, v. 8, n. 1, p. 34-43, 2013.

GUOLO, A.; PARIS, W. **Gestão da Produção**. [S.l.]: Curitiba: Editora Universidade Positivo, 2015.

IMAI, Masaaki. Gemba Kaizen. **A commonsense, low-cost approach to management**. In: Das Summa Summarum des Management. Gabler, 2007.

JÚNIOR, Alaércio Nicoletti. **Introdução ao lean seis sigma**. Clube de Autores (managed), 2007.

LIMA J. T., F. T. F. . B. L. **Measurement systems analysis (msa): garantindo a consistência dos controles nos processos de fabricação**. Revista Banas Qualidade, 2010.

LIMA, Victor Bittencourt. **Contribuição de Lean Thinking para a implementação da Indústria 4.0**. Tese de Mestrado em Engenharia Industrial - Universidade do Minho, 2018.

LUCINDA, Marco Antônio. **Qualidade-Fundamentos e Práticas**. Brasport, 2010.

MOURA, Reinaldo A.; BANZATO, Eduardo. **Redução do tempo de setup:** troca rápida de ferramentas e ajustes de máquinas. São Paulo: IMAM, 2003.

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

OLIVEIRA, CLPA. **Análise e Controle da Produção em Empresa Têxtil, Através da Cronoanálise.** 2009. 46 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Centro Universitário de Formiga, Formiga, 2009.

OLIVEIRA, Wallace. **KPI:** saiba o que são os indicadores de desempenho empresarial e conheça seus principais tipos, 2019. Disponível em: <https://www.heflo.com/pt-br/melhoria-processos/indicadores-de-desempenho-kpi/>. Acesso em: 21 de maio de 2021.

OLIVEIRA, Flávio Luiz; MONTEIRO, Hernani; FERRARI, Vanessa Mitchell. **Aplicação do Processo “Lean Manufacturing” na Cabine de Pintura de Aeronaves.** Acedido a, v. 7, 2014.

OLIVEIRA, Simone Espíndola; ALLORA, Valerio; SAKAMOTO, Frederico TC. **Utilização conjunta do método UP’-Unidade de Produção (UEP’) com o Diagrama de Pareto para identificar as oportunidades de melhoria dos processos de fabricação-um estudo na agroindústria de abate de frango.** In: Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC. 2005.

PANDE, Peter; NEUMAN, Robert; CAVANAGH, Roland. **The Six Sigma way team field-book:** An implementation guide for process improvement teams. McGraw Hill Professional, 2001.

PLENERT, Gerhard. **Reinventing lean:** introducing lean management into the supply chain. Elsevier, 2010.

POLO Industrial de Manaus supera R\$ 21 bi em faturamento no 1º bimestre do ano. Governo do Amazonas, Manaus, 4 de maio de 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/suframa/pt-br/publicacoes/noticias/polo-industrial-de-manaus-supera-r-21-bi-em-faturamento-no-1o-bimestre-do-ano>. Acesso em: 15 de maio de 2021.

PRICE, Oriana M.; PEPPER, Matthew; STEWART, Matthew. **Lean six sigma and the Australian business excellence framework:** An exploratory case within local government. International Journal of Lean Six Sigma, 2018.

REIS, Mário Eduardo Pauka; ALVES, João Murta. **Um método para o cálculo do benefício**

**econômico e definição da estratégia em trabalhos de redução do tempo de setup.** Gestão Produção, v. 17, p. 579-588, 2010.

REPETTI, T. **Utilização de smed para a redução do tempo de setup de uma pintadora de bobinas metálicas.** Universidade de São Paulo, 2019.

ROCHA, Marie Cristine Fortes. **Gestão de Risco.** Organizado pela Universidade Luterana do Brasil, p. 56, 2012. RODRIGUES, Marcos Vinicius. **Ações para a Qualidade – GEIQ: Gestão Integrada para a Qualidade – Padrão Seis Sigma – Classe Mundial.** Editora Qualitymark. Edição 2<sup>a</sup>. Rio de Janeiro. 2006.

SANTOS, Javier; WYSK, Richard A.; TORRES, Jose M. **Improving production with lean thinking.** John Wiley Sons, 2014.

SANTOS, Virgilio F. M. **Melhoria Contínua: O que é? Como implementá-la?** . FM2S, 2017. Disponível em: <https://www.fm2s.com.br/melhoria-continua/>. Acesso em: 17 de junho de 2021.

SANTOS, Antonia Angélica Muniz; GUIMARÃES, Edna Almeida; DE BRITO, Giliard Paulo. **Gestão da qualidade: conceito, princípio, método e ferramentas.** Ano 1, Número 2–Setembro/2013, p. 91, 2013.

SHINGO, Shigeo. **Sistema de troca rápida de ferramentas.** Bookman, 2000.

SILVA, Nattana Rodrigues. **A indústria química no Brasil nos anos recentes: crises e oportunidades.** Universidade Federal de Uberlândia, 2018.

SLACK, Nigel et al. **Administração da produção.** São Paulo: Atlas, 2016, v.2.

SNEE, Ronald D. **Lean Six Sigma–getting better all the time.** International Journal of Lean Six Sigma, 2010.

SOKOVIC, Mirko; PAVLETIC, Dusko; PIPAN, K. Kern. **Quality improvement methodologies–PDCA cycle, RADAR matrix, DMAIC and DFSS.** Journal of achievements in materials and manufacturing engineering, v. 43, n. 1, p. 476-483, 2010.

SOWMYA, K.; CHETAN, N. **A review on effective utilization of resources using overall equipment effectiveness by reducing six big losses.** Int. J. Sci. Res. Sci. Eng. Technol., v. 2, p. 2394-4099, 2016.

SUGAI, Miguel et al. **Avaliação do uso do MTM (Methods-Time Measurement) em uma empresa metal-mecânica.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2003.

THIOLLENT, Michel. **Comportamento do consumidor de alimentos:** informações e reflexões. ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, v. 22, 1997.

TIPOS de indicadores de desempenho e como escolher. Siteware, 2020. Disponível em: <https://www.siteware.com.br/blog/processos/tipos-indicadores-desempenho/>. Acesso em: 21 de maio de 2021.

TOLEDO JR, Itys-Fibes Buen; KURATOMI, Shoei. **Cronoanálise base da racionalização, da produtividade e da redução de custos.** 3. ed. São Paulo: Itysho, 1977.

ULUTAS, Berna. **An application of SMED Methodology.** World academy of science, engineering and technology, v. 79, p. 101, 2011.

USEVICIUS, Luis Antonio. **Implantação da metodologia seis sigma e aplicação da técnica estatística projeto de experimentos na resolução de problemas e otimização de processos de fabricação.** Mestrado Profissionalizante em Engenharia de Produção - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

WERKEMA, Cristina. **Criando a cultura Lean Six Sigma.** Elsevier Brasil, 2012.

WILSON, Lonnie. **How to implement lean manufacturing.** McGraw-Hill Education, 2010.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. **Banish waste and create wealth in your corporation.** Recuperado de: [http://www.kvimis.co.in/sites/kvimis.co.in/files/ebook\\_attachments/James](http://www.kvimis.co.in/sites/kvimis.co.in/files/ebook_attachments/James), 2003.