



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS  
CAMPUS MANAUS CENTRO  
DEPARTAMENTO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS  
CURSO DE BACHAREL ENGENHARIA MECÂNICA

Anderson Kiyoshi Nakamura Iwata

**ANÁLISE E APLICAÇÃO DE MELHORIA DA EFICIÊNCIA PRODUTIVA NA  
LINHA DE PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE MONTAGEM DE MÓDULO  
LCD**

MANAUS

2021

Anderson Kiyoshi Nakamura Iwata

**ANÁLISE E APLICAÇÃO DE MELHORIA DA EFICIÊNCIA PRODUTIVA NA  
LINHA DE PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE MONTAGEM DE MÓDULO  
LCD**

Trabalho Conclusão do Curso de Engenharia Mecânica do Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas do Campus Manaus Centro como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. MSc. Alberto Luiz Fernandes Queiroga.

MANAUS

2021

---

**Biblioteca do IFAM- Campus Manaus Centro**

---

- 196a Iwata, Anderson Kiyoshi Nakamura.  
Análise e aplicação de melhoria da eficiência produtiva na linha de produção em uma indústria de montagem de módulo LCD / Anderson Kiyoshi Nakamura Iwata. – Manaus, 2021.  
64 p. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus Manaus Centro*, 2021.  
Orientador: Prof. Me. Alberto Luiz Fernandes Queiroga.
1. Engenharia mecânica. 2. Processo produtivo. 3. Módulo LCD I. Queiroga, Alberto Luiz Fernandes. (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas III. Título.

CDD 621

Anderson Kiyoshi Nakamura Iwata

**ANÁLISE E APLICAÇÃO DE MELHORIA DA EFICIÊNCIA PRODUTIVA NA  
LINHA DE PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE MONTAGEM DE MÓDULO  
LCD**

Trabalho Conclusão do Curso de Engenharia Mecânica do Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas do Campus Manaus Centro como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. MSc. Alberto Luiz Fernandes Queiroga.

Aprovado em 07 de Abril de 2021.

**BANCA EXAMINADORA**

*(Assinado digitalmente em 25/04/2021 10:50)*

**ALBERTO LUIZ FERNANDES QUEIROGA**  
**PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**  
*Matrícula: 1164531*

*(Assinado digitalmente em 09/04/2021 07:19)*

**MARISOL ELIAS DE BARROS PLACIDO**  
**PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**  
*Matrícula: 1431951*

*(Assinado digitalmente em 11/04/2021 06:54)*

**JOAO NERY RODRIGUES FILHO**  
**PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**  
*Matrícula: 267939*

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sig.ifam.edu.br/documentos/> informando seu número: 62, ano: 2021, tipo: ATA, data de emissão: 08/04/2021 e o código de verificação: 25facbac7e

MANAUS - AM  
2021

Ao Sr. Jose Maria, Maria Elena e Bruno Iwata pelo suporte incondicional durante todo o curso.

E a Tainah Vasconcelos pela parceria que foi decisiva para a conclusão deste trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a minha família, em especial aos meus pais, Jose Maria e Maria Elena e ao meu irmão, Bruno Iwata pelo apoio incondicional durante todo o curso que viabilizaram meios para que tudo fosse possível.

A minha namorada Tainah Vasconcelos pelo apoio e parceria no desenvolvimento de todo trabalho.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), e a todos os professores, mestres e doutores do curso de Engenharia Mecânica pela oportunidade a mim concedida para a obtenção de conhecimento.

Por fim, sou grato a todos que de alguma forma, direta ou indiretamente, participaram da realização desse projeto.

“It’s better try something, see it not work and learn from that it than do nothing. In a world that is changing rapidly, the only strategy that will certainly fail is to take no chances.”(Mark Zuckerberg)

## RESUMO

Nos últimos anos, devido ao aumento de competitividade entre as empresas, tem sido cada vez mais utilizadas as chamadas técnicas de análise de eficiência produtiva, onde são utilizadas as ferramentas da qualidade para otimização dos resultados. Eficiência aplicada a um processo possibilita o produto ser produzido de forma mais racional possível. Dentro dos vários tipos de sistemas em que se pode se aplicar o conceito de eficiência, tem-se como um dos mais importantes, os sistemas produtivos. O estudo de eficiência no sistema produtivo é um dos mais essenciais para que um negócio continue atuante no mercado. Em algumas aplicações de eficiência produtiva, como na linha produtiva de montagem de módulo LCD são de interesse, pois permitem visualizar oportunidades de melhorias em determinados fluxos de um processo tornando-o mais estável, com menor custo e desperdícios. O Módulo LCD é um emissor de luz com um painel LCD (*Liquid Crystal Display*) preparado para receber as placas responsáveis pelo fornecimento de energia e sinal. As telas de Cristal Líquido (LCDs) estão presentes na área eletrônica em vários equipamentos, com destaque às TVs, calculadoras, computadores e celulares. Tendo isso em mente, o presente estudo objetivou analisar e aplicar técnicas de melhoria de eficiência produtiva no processo de uma linha de montagem de Módulo LCD, a fim de utilizar de forma mais inteligente os recursos disponíveis, gastando menos e produzindo mais. Para isso, a metodologia foi dividida em quatro partes: Análise da situação atual, Análise das Causas, Análise das Soluções Propostas e Implantação. Na análise da situação atual foi realizado o estudo do produto, do *layout* de produção, do tempo de processo produtivo e dos defeitos do processo. Na análise das causas, foram definidas as causas raízes dos problemas ou falhas. Em seguida foram quantificadas as metas e objetivos. Por fim, foi realizado o estudo das soluções e implementação no processo produtivo. Por meio deste trabalho foi possível visualizar as falhas e perdas de um processo produtivo e, por meio disso, obter vários ganhos. Entre eles, a redução de 37% no índice de defeitos, automatização do processo e ganho de 18,4% de produtividade.

**Palavras-chave:** Eficiência. Processo Produtivo. Módulo LCD.



## ABSTRACT

In recent years, due to the increase of competitiveness among companies, the techniques called productive efficiency have been strongly used, which one use the quality tools to improve results. Efficiency applied to the process means that the product is produced in the most rational way possible. Within the various types of systems in which the concept of efficiency can be applied, one of the most important, is the productive systems. The study of efficiency in the production system is one of the essential aspects for your business to remain active in the market. In some productive efficiency applications, such as in the LCD Module assembly line, they are of interest, as they provide improvements in certain flows of a stable process with less cost and waste. The LCD module is a light emitter with an LCD (Liquid Crystal Display) panel prepared to receive the plates responsible for power supply and signal emissor. Liquid crystal displays (LCDs) are present in the electronic area in various equipment, with emphasis on TVs, calculators, computers and cell phones. With this in mind, the present study aimed to analyze and apply productive efficiency techniques in the process of an LCD Module assembly line, in order to use the available resources more intelligently, spending less and producing more. For this, the methodology was divided into four parts: Analysis of the current situation, Analysis of the Causes, Objective and Goals, Study of the Proposed Solutions and Implementation. In the analysis of the current situation was study the product, the production layout, the time of the production process and the defects of the process. In the analysis of the causes was defined the root causes of the problems or failures are defined. Then the goals and objectives were quantified. Finally, was analyzed the solutions and implementation in the production process. Through this work it was possible to visualize the failures and losses of a productive process and thereby obtain several gains. Among them, the 37% reduction in the defect rate, automation of the process and 18.4% gain in productivity.

**Keywords:** Efficiency. Productive Process. LCD Module.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo PDCA estratificado.....	24
Figura 2: Diagrama de Ishikawa.....	27
Figura 3: Fluxo de dados nos Elementos de Automação.....	31
Figura 4: Exemplo de programa CLP com comandos em Ladder. ....	31
Figura 5: Desenho de Módulo LCD. ....	34
Figura 7: a) Foto de LED; b) Foto de BLU com LEDs; c) Foto de BLU com folhas difusoras. .....	35
Figura 8: a) Vista explodida superior de Módulo LCD; b) Vista explodida inferior de Módulo LCD. ....	35
Figura 9: a) Foto superior de Módulo LCD; b) Foto inferior de Módulo LCD. ....	35
Figura 10: Vista de seção transversal de Módulo LCD com fluxo de luz.....	36
Figura 11: Foto de <i>subpixels</i> iluminados pelo BLU.....	37
Figura 12: Layout do processo de montagem de Módulo LCD. ....	37
Figura 13: Layout do processo de montagem subdividida. ....	38
Figura 14: <i>Layout</i> do processo de montagem do BLU.....	38
Figura 15: Layout do processo de montagem do Módulo LCD.....	39
Figura 16: <i>Layout</i> do processo de teste de Qualidade. ....	40
Figura 17: Layout do processo de teste de Qualidade.....	41
Figura 18: Layout dos equipamentos do processo.....	42
Figura 19: Diagrama de Ishikawa para o defeito 'não liga'. ....	48
Figura 20: a) Conexão de primeiro cabo; b) Conexão de segundo cabo; c) Finalização de conexão.....	49
Figura 21: a) Membrana superior do teclado; b) Membrana divisória; c) Membrana inferior do teclado.....	51
Figura 22: a) Foto frontal de PCB do teclado; b) Foto traseira de PCB do teclado. ....	51
Figura 23: Circuito elétrico do dispositivo. ....	52
Figura 24: a) Conceito 3D de protótipo; b) Conceito real de dispositivo.....	52
Figura 25: a) Foto de teste do protótipo; b) Circuito elétrico de teste.....	53
Figura 26: a) Programa CLP 01; b) Sinal gerado pelo programa CLP 01.....	54
Figura 27: a) Programa CLP 02; b) Sinal gerado pelo programa CLP 02.....	54
Figura 28: a) Programa CLP 03; b) Sinal gerado pelo programa CLP 03.....	55
Figura 29: a) Programa CLP 04; b) Sinal gerado pelo programa CLP 04.....	55

Figura 30: *Layout* do processo de teste de Qualidade após implementação de dispositivo. ....57

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: <i>Takt Time</i> por Posto de trabalho do Processo. ....	45
Gráfico 2: <i>Takt Time</i> por Equipamento do Processo. ....	46
Gráfico 3: Pareto de defeitos do processo. ....	47
Gráfico 4: Resultado do defeito 'não liga' por mês. ....	57
Gráfico 5: Pareto de defeitos após implementação do dispositivo. ....	58
Gráfico 6: Resultado geral de defeitos por mês. ....	59
Gráfico 7: <i>Takt Time</i> por posto após implementação do dispositivo. ....	59

## LISTA DE QUADRO

Quadro 1: Ciclo PDCA e MASP detalhado. ....	30
Quadro 2: Atividades por posto de trabalho do processo BLU. ....	39
Quadro 3: Atividades por posto de trabalho do processo Módulo LCD. ....	40
Quadro 4: Atividades por posto de trabalho do processo de teste de Qualidade.....	41
Quadro 5: Atividades por posto de trabalho do processo de teste de Qualidade.....	42

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BLU	<i>Black Light Units</i>	(Unidade de luz escura)
LQC	<i>Light Quality Control</i>	(Controle de qualidade de luz)
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>	(Chaves indicadores de performance)
MB	<i>Black Light Module</i>	(Módulo de luz escura)
PPM	<i>Part per Million</i>	(Pares por milhão)
UHD	<i>Ultra High Resolution</i>	(Ultra alta resolução)
FHD	<i>Full High Resolution</i>	(Completa alta resolução)
ESD	<i>Electro Static Discharge</i>	(Descarga eletrostática)
MP	<i>Man Power</i>	(Mão de Obra)
UPH	<i>Units per Hour</i>	(Unidade Produzida por Hora)
TT	<i>Takt Time</i>	(Termo para Tempo produtivo)
ST	<i>Standard Time</i>	(Tempo padrão)
UPPH	<i>Units per Person Hour</i>	(Unidade por pessoa hora)
KV	<i>Kilo Volts</i>	
m <sup>2</sup>	<i>Square meters</i>	(Metro quadrado)
IQC	<i>Input Quality Control</i>	(Controle de qualidade de entrada)
OQC	<i>Output Quality Control</i>	(Controle de qualidade de saída)
W/O	<i>Work Order</i>	(Termo para ordem de produção)
MASP	Método de Análise e Solução de Problemas	
PDCA	<i>Plan Do Check Action</i>	(Plano Fazer Checar Ação)
Qtd	Quantidade	
LCD	<i>Liquid Crystal Display</i>	(Tela de cristal líquido)
RGB	<i>Red Green Blue</i>	(Vermelho Verde Azul)

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
2.1 EFICIÊNCIA PRODUTIVA .....	19
2.1.1 <i>Eficiência e Eficácia de um sistema</i> .....	20
2.2 PERDAS PRODUTIVAS.....	21
2.3 PDCA.....	24
2.3.1 <i>Plan</i> .....	24
2.3.2 <i>Brainstorming</i> .....	25
2.3.3 <i>Diagrama de causa e efeito</i> .....	27
2.3.4 <i>Diagrama de Pareto:</i> .....	28
2.3.5 <i>Do</i> .....	28
2.3.6 <i>Check</i> .....	29
2.3.7 <i>Action</i> .....	29
2.4 MASP.....	29
2.5 AUTOMAÇÃO .....	30
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>32</b>
3.1 MATERIAIS.....	32
3.2 MÉTODOS .....	32
3.2.1 <i>Análise da situação atual</i> .....	33
3.2.1.1 <i>Módulo LCD (Liquid Crystal Display)</i> .....	33
3.2.1.1 <i>Layout do Processo</i> .....	37
3.2.1.2 <i>Tempo de Processo Produtivo</i> .....	42
3.2.1 <i>Tipos De Tempos de Processo Produtivo</i> .....	43
3.2.1.4 <i>Defeitos</i> .....	46
3.2.2 <i>Análise das Causas</i> .....	47
3.2.3 <i>Metas</i> .....	49
3.2.4 <i>Estudo das Soluções Propostas</i> .....	49
3.2.4 <i>Implantação</i> .....	50
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>57</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>61</b>





## 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho versa sobre a melhoria de eficiência produtiva numa indústria de produção de TV localizado no polo industrial de Manaus. O tema abordado é análise do processo produtivo e aplicação melhoria utilizando as ferramentas da qualidade, visando ganhos de produtividade com a redução de perdas.

O presente estudo limitou-se ao levantamento de dados compreendido pelos indicadores de desempenho relacionados a produtividade de uma linha de produção de Módulo LCD, utilizando uma base histórica compreendida entre os meses de julho a setembro de 2020. Os indicadores escolhidos foram UPH, *Man Power*, *Takt Time* e defeitos.

Foi identificado no processo produtivo de Módulo LCD, um posto de trabalho com gargalo e *Takt Time* de 14,1 segundos, o que limita a capacidade máxima de produção (UPH) em 255 por hora.

Isso pode ter ocorrido por vários fatores: (1) Qualidade do material dificultando operação; (2) Equipamento dificultando operação; (3) Método ineficiente utilizado na operação; (4) Mão de obra não qualificada para realização de operação; (5) Condições de ambiente de trabalho desfavoráveis a operação.

A relevância desse estudo, foi pela necessidade das empresas adotarem a cultura que as impulse constantemente, procurando o aprimoramento, não apenas com inovações tecnológicas, mas também com eliminação de perdas existentes no processo produtivo. Para a área acadêmica o trabalho assume um papel relevante, pois possibilita a integração e aplicação de conceitos adquiridos durante o curso, agregado à prática do projeto final, contribuindo para um conhecimento mais aprofundado sobre as técnicas de análise e soluções de problemas.

O objetivo geral foi investigar formas para redução de perdas no processo produtivo. Para isso, foram traçados os seguintes objetivos específicos: (1) Quantificar os resultados de produção; (2) Identificar as perdas; (3) Analisar as causas fundamentais; (4) Analisar as soluções propostas; (5) Implementar a melhoria e (6) Analise dos resultados.

Segundo Almeida et al (2006) a eficiência de um sistema pode ser definida como sendo a capacidade desse sistema de utilizar, da melhor maneira possível, os recursos disponíveis. Já Silva, (2016) complementa com a ideia de que a eliminação de desperdício é

entendida no sentido de identificar e analisar todas as atividades executadas na empresa e eliminar todas as que não agregam valor aos processos operacionais.

O trabalho foi classificado como uma metodologia investigativa, um trabalho de campo, sendo utilizada ferramentas e técnicas de solução de problemas para aplicação prática, apoiada na fundamentação teórica, e realizando-se a comparação dos dados antes e depois da implementação do plano de ação. Seguindo as etapas: Realização de análise da situação atual, das causas dos problemas, estudando as soluções propostas, implementando e avaliando os resultados.

Como resultado pôde-se obter aumento de 18,4% de produtividade e redução de 37% de defeitos.

Espera-se que este trabalho contribua para mostrar que grandes melhorias de processo podem ser realizadas com ideias simples e que não necessitam de muito dinheiro para realização.

O trabalho foi estruturado em capítulos, ou seja, os assuntos estão divididos em etapas, os quais estão descritos na sequência. No capítulo 2 são citadas bases de referências para estudo de modelos de melhoria de processo produtivo. Estudo da base teórica que permitirá a solução do problema. Para isso foram estudados os modelos de melhoria do processo produtivo, formas de reduzir falhas e perdas no processo produtivo, além de buscar as ferramentas que auxiliarão na solução dos problemas identificados. No capítulo 3 foi realizado o desenvolvimento metodológico com a finalidade de atingir os objetivos propostos no trabalho. No capítulo 4 foi realizado o monitoramento dos resultados, quantificados e comparados com os resultados anteriores. No capítulo 5 foram realizadas as considerações finais e citados sugestões para trabalhos futuros.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Estudo da base teórica que permitirá a solução do problema. Para isso serão estudados os modelos de melhoria de eficiência produtiva, formas de reduzir falhas e perdas no processo produtivo, além de buscar as ferramentas que auxiliarão na solução dos problemas identificados.

### 2.1 EFICIÊNCIA PRODUTIVA

A eficiência de um sistema pode ser definida como sendo a capacidade desse sistema de utilizar, da melhor maneira possível, os recursos disponíveis e de aproveitar, ao máximo, as condições ambientais para obter o desempenho ótimo em alguma dimensão. Um índice de eficiência pode ser obtido comparando-se um indicador de desempenho com o valor máximo que esse indicador pode alcançar, valor esse definido a partir de algumas condições de contorno (ambiente + recursos disponíveis) (ALMEIDA et al, 2006).

A eficiência produtiva sempre foi um atributo muito valorizado na sociedade, porém nas últimas décadas sua importância cresceu drasticamente, visto que nesse período se intensificou o processo conhecido como globalização, cuja principal característica é a abertura de mercado entre os países o que, gerou um enorme aumento da competitividade entre as empresas. Assim, é de extrema importância para uma empresa conhecer, com máxima antecedência possível, o seu nível de eficiência em relação às suas concorrentes, visto que isso possibilitará, em caso de ineficiência, que a empresa reaja e possa reverter a situação antes de ser esmagada por suas concorrentes (JOHANSSON,2015).

O conceito de eficiência produtiva não se restringe a empresas de manufatura e pode ser generalizado para qualquer organização que transforme um conjunto de entradas (*inputs*) Unidades Tomadoras de Decisões (*Decision Making Units-DMUs*). Devido à crescente complexidade dos ambientes produtivos, e devido a essa nova gama de aplicações do conceito de eficiência produtiva, o número de variáveis, consideradas em seu cálculo e análise, cresceu drasticamente. Como resultado, a análise da eficiência produtiva se tornou um problema cada vez mais complexo, exigindo o desenvolvimento de técnicas (uma técnica é definida como um conjunto de procedimentos) que pudessem facilitar esse trabalho (KOZYREFF FILHO et al, 2004).

Existem duas classes de técnicas de análise de eficiência produtiva: (a) as paramétricas, apoiadas numa função produção, que relaciona os *inputs* às máximas quantidades de *outputs* possíveis de serem produzidas e as (b) não-paramétricas, que constroem empiricamente uma fronteira de eficiência que vai servir de base para a análise da eficiência. Dentre as técnicas paramétricas de análise de eficiência produtiva pode-se citar: (a) as Funções Pré-determinadas e a (b) Fronteira Estocástica; já dentre as técnicas não paramétricas pode-se citar: (a) a Análise por Envoltória de Dados (DEA) e (b) a Técnica dos Números-índice (FURLANI, 2021).

### 2.1.1 Eficiência e Eficácia de um sistema

Eficiência é a virtude ou característica (que pode ser atribuída a uma pessoa, máquina, técnica ou empreendimento) de conseguir o melhor rendimento com o mínimo de erros, dispêndio de energia, tempo, dinheiro ou meios (HOUAISS, 2001).

A eficiência produtiva frequentemente se confunde com o conceito de produtividade, pois produtividade nada mais é do que um indicador da eficiência de um sistema produtivo; assim, quanto maior a produtividade de um sistema mais eficiente ele será. A grande diferença entre eficiência e produtividade é que a produtividade é um índice que agrega diferentes unidades de medida e que pode assumir qualquer valor real, enquanto a eficiência é sempre um valor adimensional entre 0 e 1 (HOUAISS, 2001).

Além dos conceitos de produtividade e eficiência, outro conceito que suscita muitas dúvidas, é o conceito de eficácia. Segundo Kassai (2002), a eficácia está relacionada ao cumprimento de objetivos traçados; quanto mais perto um sistema chega de uma meta traçada, mais eficaz ele é. Entendem a eficácia como Martins et al (2005), uma decisão é mais eficaz quanto mais próximo dos objetivos estabelecidos chegarem os resultados obtidos. Segundo Peinado (2007), a eficácia está relacionada ao conceito de fazer a coisa certa, enquanto a eficiência está associada à melhor forma de fazer a coisa certa.

Consonante Mello et al. (2005), a eficácia está ligada apenas ao resultado obtido ou produzido, sem levar em conta os recursos usados para tal. Por exemplo, se um cursinho pré-vestibular, que tinha como meta que seus alunos ocupassem 50% das vagas de um determinado curso que oferecia 20 vagas, conseguiu aprovar 15 alunos, pode-se dizer que esse cursinho foi altamente eficaz. No entanto, não se pode dizer se ele foi eficiente, já que

não são conhecidos, entre outras coisas: que tipo de aluno estava inscrito, quantos professores trabalhavam, quantas horas de aula por semana eram dadas, que recursos audiovisuais estavam à disposição, etc.

## 2.2 PERDAS PRODUTIVAS

De acordo com a história, os conceitos e ideias considerados atualmente relacionados a perdas de processo produtivo foram desenvolvidas por Frederick Taylor e Henry Ford, no começo do século XX. No início do século XX, nos EUA, Taylor afirmava que as indústrias entendiam que as perdas estavam associadas a evitar o desperdício de materiais. Porém, em concordância com o presidente Theodore Roosevelt, ele entendia que para buscar a eficiência econômica nacional americana era preciso entender e estudar as causas essenciais das perdas associadas aos materiais. Desta maneira, Taylor entendia que, para a resolução dos problemas, é necessário o desenvolvimento de sistemas de gestão científicos e treinamento de pessoas afim de aplicar métodos para a busca da eficiência. No entanto Ford buscava associar as perdas ao fator de trabalho humano, visto a ampla existência de recursos naturais disponíveis. Ou seja, para Ford, o conceito de perdas estava associado na observação de que o desperdício de matérias era uma consequência da incorreta utilização dos materiais pelas pessoas nos vários processos produtivos, devido à deficiência na análise dos processos de fabricação, que geravam as perdas (PLENTZ, 2013).

As perdas são compostas por atividades que geram custo e não agregam nenhum valor ao produto final. Podem ser refugos, retrabalhos, transportes e movimentação desnecessários, esperas em geral, como espera por equipamento a espera de matéria-prima, tempos prolongados de setup, trabalhos ou movimentos que não agregam valor. Dessa forma, a ideia das perdas está vinculada a necessidade de redução sistemática dos custos dos processos produtivos (FARIAS, 2018).

A eliminação de desperdício é entendida no sentido de identificar e analisar todas as atividades executadas na empresa e eliminar todas as que não agregam valor aos processos operacionais (SILVA, 2016).

A única maneira de aumentar os lucros dá-se por meio da redução de custos. Para reduzir os custos, o único método é a eliminação total das perdas (FARIAS, 2018).

As perdas são identificadas em sete tipos: Perdas por superprodução (quantitativa e por antecipação); Perdas por transporte; Perdas no processamento em si; Perdas devido a fabricação de produtos defeituosos; Perdas nos estoques; Perdas no movimento; Perdas por espera (OHNO, 1997; SHINGO, 1996).

As cinco primeiras perdas estão relacionadas à função processo e as outras 2 relacionadas à função operação.

**1) Perdas por superprodução:** estas perdas são entendidas sob dois pontos de vista. A primeira no sentido da produção por quantidade de excesso e a segunda no sentido de produzir antecipadamente em relação às necessidades subsequentes da produção e do consumo. As perdas por superprodução costumam esconder outras perdas no processo, pois a superprodução visa buscar um estoque seguro no caso de outros inconvenientes no processo, que podem causar perdas de produção (SHINGO, 1996). Ainda segundo o *just in time*, a premissa é produzir somente a quantidade necessária para aquele momento através da otimização dos tempos de preparação dos equipamentos, da sincronização de produção com a demanda, da quantidade e confiabilidade dos equipamentos, entre outros fatores (CORREA et al, 1996).

2) Perdas por movimentação interna de carga: as perdas por transporte estão diretamente relacionadas às atividades de movimentação de materiais que originam custos e não aumentam o valor agregado. Problemas da leitura e disposição de equipamentos dificultam os fluxos produtivos ideais, sendo os maiores vilões para este tipo de perda. Uma das formas de evitar esse tipo de perda é promover melhoria na leitura ou melhoria no sentido de mecanizar e automatizar os trabalhos de movimentação (ANTUNES et al, 2008). A economia de movimentos também aumenta a produtividade, traduzindo os tempos decorrentes do processo de produção, devendo-se levar em consideração o aprimoramento dos movimentos afim de evitar a manutenção dos desperdícios em caso de automatização (CORREA et al, 1996).

**3) Perdas no processamento:** são constituídas nas atividades desnecessárias para que o produto final desejado obtenha suas características básicas requeridas. Para se identificar estes tipos de perdas é necessário analisar que tipo de produto específico deve ser produzido e questionar os métodos que devem ser adotados para se produzir o produto (ANTUNES et al., 2008). Os gerentes devem se preocupar em não somente aos meios de

como realizar uma atividade de forma mais rápida sem antes interrogar se aquela atividade realmente necessita ser executada (CORREA et al, 1996).

**4) Perdas por fabricação de produtos defeituosos:** consiste na fabricação de produtos, peças ou componentes que não atendem aos requisitos de qualidade requeridos, ou seja, são produtos não conforme. Uma maneira de reduzir estas perdas é a inspeção para evitar defeitos e também a instalação de dispositivos de inspeção no processo podem evitar a produção de produtos defeituosos (SHINGO, 1996). A geração de produtos defeituosos pode afetar o preço da venda, comprometer a programação dos volumes a serem entregues, afetar o prazo de entrega e prejudicar a qualidade exigida (GHINATO, 1996).

**5) Perda por estoque:** indica a existência desnecessária de estoques elevados de matérias-primas, material em processo e produtos acabados, gerando aumento de custos. A causa raiz da existência de estoques é a falta de sincronia entre o prazo de entrega dos pedidos e o período de produção (ANTUNES et al., 2008). Muitas pessoas consideram o excesso de estoque aceitável, pois permitem atender pedidos inesperados. Do ponto de vista do Sistema *Toyota* de Produção (STP) estoques não são aceitáveis, havendo uma procura exaustiva pela sua eliminação sem prejudicar o atendimento destes pedidos não programados. Para combater as perdas por estoque é preciso estabelecer uma política de melhorias contínuas que busquem equalizar a capacidade em relação à demanda, com objetivo de organizar o sistema produtivo para atendimento imediato à variação da demanda dos clientes (SHINGO, 1996; OHNO, 1997).

**6) Perda por movimento:** as perdas por movimento estão relacionadas diretamente a movimentos desnecessários dos trabalhadores durante a execução de suas tarefas. Geralmente estas perdas não são identificadas pela falta de procedimentos padronizados de operação (SHINGO, 1996). Associam-se as perdas por movimento a partir dos estudos e teorias de Gilbreth, no sentido de obtenção da economia de tempo numa análise minuciosa das relações existentes entre o movimento humano e a postura de trabalho. O objetivo principal a ser alcançado para a minimização das perdas no movimento resume-se no estabelecimento contínuo de padrões operacionais padronizado, para a execução eficaz das operações (ANTUNES et al., 2008).

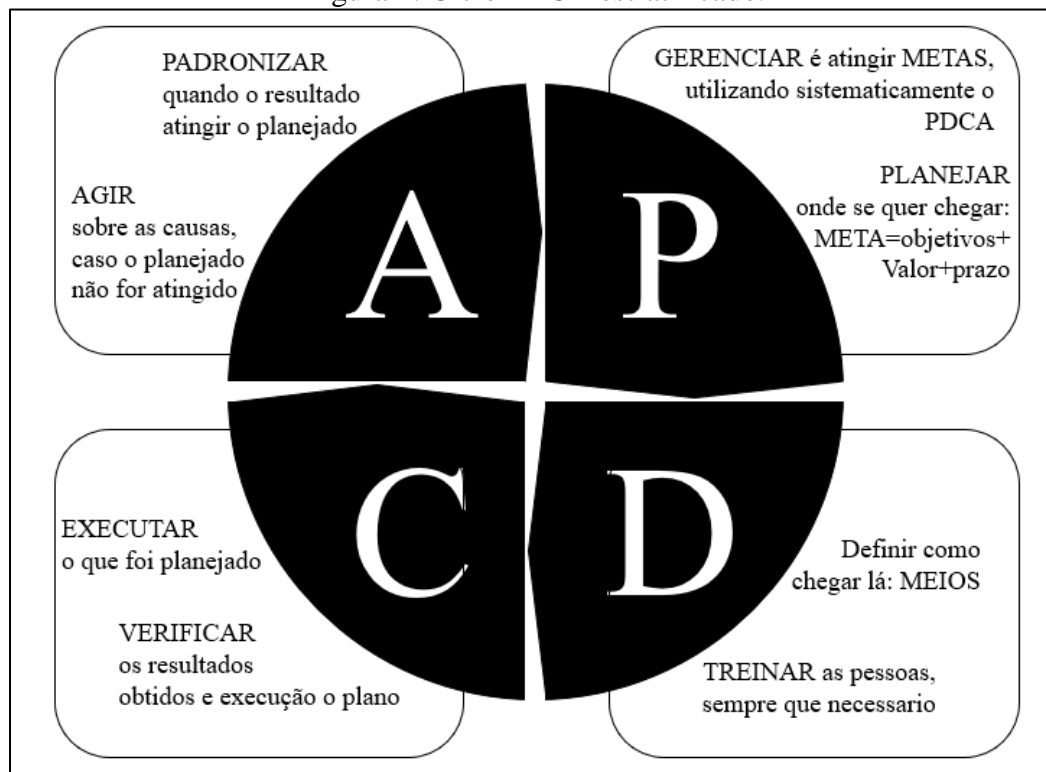
**7) Perdas por espera:** estas perdas estão associadas aos períodos de tempo onde os trabalhadores ou as máquinas estão sendo usados produtivamente, ainda que os custos

horários estejam sendo gastos (ANTUNES et al., 2008). Estas perdas estão diretamente relacionadas com a sincronização e com o nivelamento do fluxo de produção, acarretando numa espera por parte dos trabalhadores e, por consequência, baixa taxa de utilização das máquinas (SHINGO, 1996).

### 2.3 PDCA

O PDCA é um método utilizado para gerenciamento dos processos de melhoria contínua, possuindo um ciclo de quatro etapas fundamentais, podendo ser visualizado na figura 1. Segundo Filho (2007) a aplicação deste ciclo torna-se importante, pois leva a raiz do sistema de qualidade. Trazendo para a prática um método simples que pode ser aplicado em qualquer processo da organização, proporcionando a melhoria contínua.

Figura 1: Ciclo PDCA estratificado.



Fonte: Adaptado de Cardoso (2017). Acesso 20 nov 2020.

#### 2.3.1 Plan

A letra P, simboliza *Plan*, traz a ideia de planejamento do processo, e tem como finalidade estabelecer os objetivos e passos necessários para alcançar os resultados conforme



requisitos pré-determinados, sendo a análise do processo a fase inicial do planejamento. Algumas atividades podem ser realizadas para uma análise com resultados positivos, como levantamento de dados, elaboração de análise de causa e efeito, estabelecimento de objetivos e confecção de procedimentos (BALLESTERO-ALVAREZ, 2010).

Inicialmente realiza-se a identificação do problema, buscando-se possíveis resultados indesejáveis de um trabalho. É importante realizar o baseamento em fatos e dados de controle gerenciais, dados históricos, fotos, vídeos e identificar o problema mais prioritário ao processo, ou seja, aqueles que influenciam mais no resultado final (BALLESTERO-ALVAREZ, 2010).

Ao realizar o levantamento de dados, Ballestero-Alvarez (2010) afirma que analisou a frequência de ocorrência dos problemas, com o auxílio da análise de Pareto de resultados indesejáveis, e como ocorrem, nesse momento estabelece-se como alvo o problema com a frequência maior. Quantifica-se as perdas por consequência do resultado indesejável e estabelecem-se metas. Realiza-se em seguida a elaboração do cronograma de trabalho, estipulando-se claramente os prazos, definindo-os de forma o mais breve possível.

Filho (2007) após planejamento, realiza-se a investigação sob vários pontos de vista, com base em fatos e dados para conhecer suas características. *Brainstorming* e diagrama de causa e efeito são uma das ferramentas utilizadas para formação da visão para possíveis causas do problema.

### 2.3.2 *Brainstorming*

O *brainstorming* foi desenvolvido formalmente em 1957 por Osborn, que argumentou que este aumenta a qualidade e a quantidade das ideias geradas pelos membros do grupo (PAULUS et al, 1993). Segundo Meireles (2001) ressalta que este é um método para gerar ideias em grupo envolvendo um curto espaço de tempo e a contribuição de todos os integrantes a fim de obter soluções inovadoras e criativas para os problemas. Ao envolver todos os integrantes, esse método assegura a qualidade nas tomadas de decisões, o comprometimento e a responsabilidade compartilhada pelo grupo.

E, para que o *brainstorming* seja eficiente, é necessário seguir alguns passos, mas não há regras pré-determinadas. É necessário que se tenha um líder para conduzir a dinâmica. A primeira etapa é a definição do tema. O tempo de duração da reunião deve ser relativamente

rápido, no máximo de uma hora, para não começar a fugir do foco. Preferencialmente deve-se reunir uma equipe qualificada, criativa e motivada para que o tempo proposto seja bem aproveitado e produtivo. Outro ponto importante é não ignorar possíveis erros ou ideias supostamente parvas. Por final, as listas devem ser trocadas entre os integrantes do grupo para discussão e seleção das melhores anotações, para então definir os próximos passos e aplicação de outras técnicas de solução de problemas (SATURARI, 2010).

O objetivo deste método é focalizar a atenção para o aspecto mais importante do problema, desenvolvendo o raciocínio para a visualização do problema, de soluções e melhorias em ângulos diferentes e amplificados. Segundo o Luppi (1998) em um processo de solução de problemas essa ferramenta serve como um “lubrificante”, já que as causas dos problemas são difíceis de identificar e a direção a seguir ou opções para a solução do problema não são aparentes. Por estar associado a criatividade o *brainstorming* é uma ferramenta que pode ser utilizada no momento do planejamento do ciclo PDCA.

No *brainstorming* é enfatizado a quantidade de ideias, não a sua qualidade, as críticas e avaliações neste momento são evitadas, as ideias devem ser estimuladas e apresentadas sem elaborações e maiores considerações. Para Meireles (2001) o objetivo é o exercício livre da criatividade na geração de soluções que possam reduzir ou eliminar o problema constatado.

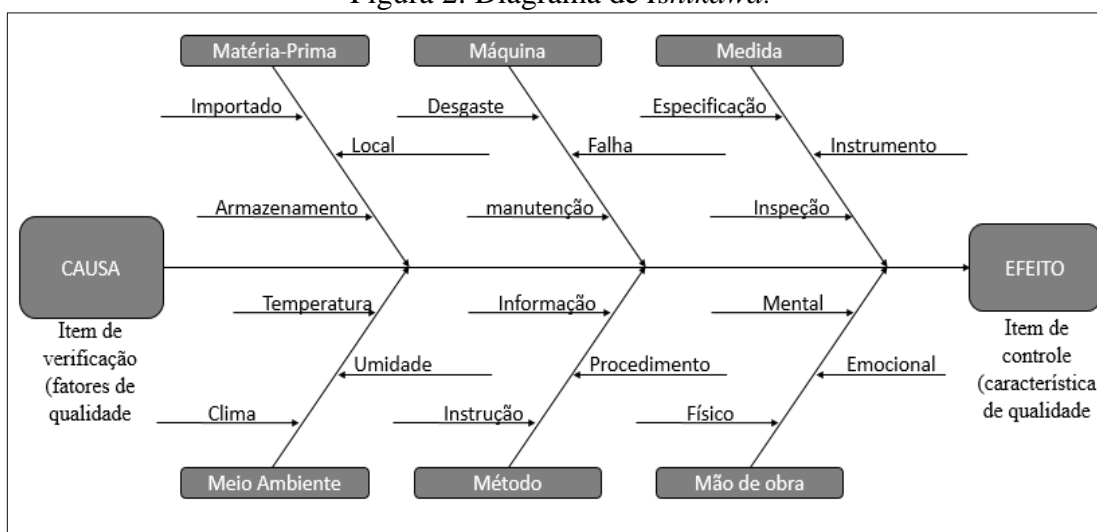
### 2.3.3 Diagrama de causa e efeito

Conhecido também como espinha de peixe ou diagrama de *Ishikawa*, o diagrama é usado para mostrar a relação entre causas e efeitos de um determinado problema a ser investigado. Neste diagrama são investigados os aspectos método, matéria-prima, mão de obra, máquina, medida e meio ambiente. Devido a estes fatores, também é conhecido por 6M. Este método permite estruturar ordenadamente as causas de um problema, seus efeitos sobre o processo e a qualidade dos produtos (BALLESTERO-ALVAREZ, 2010).

Na visão de Arioli (1998 p.255) “o diagrama de causa e efeito é uma ferramenta auxiliar do brainstorming (sic)” e ainda, Campos (1999) entende que sempre que algo ocorre, existe um conjunto de causas que podem ter influenciado.

Também conhecido como espinha de peixe, devido ao formato, conforme apresentado no fluxograma abaixo (ver figura 2), geralmente elaborado a partir de um *brainstorming*.

Figura 2: Diagrama de *Ishikawa*.



Fonte: Adaptado de Campos (1999). Acesso 22 nov 2020.

No M de método são geradas possíveis hipóteses relacionadas ao sistema de trabalho, os procedimentos, técnicas e rotinas utilizadas. No M de medida é destacado como é medido o processo e seu formato, como calibrações e aferições de seus instrumentos de medição. No M de mão de obra ocorrem as especificações relacionadas ao comportamento das pessoas envolvidas no processo. No M de máquina são relacionados os aspectos das máquinas envolvidas. No M de meio ambiente são especificadas as características físicas do ambiente de trabalho, como ruído, temperatura, umidade ou iluminação. E no M de matéria-prima são

abordadas as características relacionadas aos insumos que compõem o processo. O efeito contém o indicador de qualidade ou o problema para o estado (ANTUNES et al., 2008).

Após elaboração de possíveis causas de resultado indesejado realiza-se o mapeamento do processo com auxílio de fluxograma. Esse mapeamento deve conter as delimitações dos lugares os quais podem estar ocorrendo o problema e elaborado um diagrama de Pareto a partir de causas do problema. Realiza-se a estratificação dos dados e definição de KPIs (dados numéricos relevantes) para estabelecer as metas desejadas no prazo predeterminado (ANTUNES et al., 2008).

#### 2.3.4 Diagrama de Pareto:

A análise de curva de porcentagem acumulada pode ser útil para a definição de quantos tipos de defeitos devem ser atacados, para que seja possível atingir certo objetivo de resultado (ROTONDARO, 2002).

O nome diagrama de Pareto oriundo de Vilfredo Pareto (1848-1923), que estudou a distribuição de riqueza dentro da sociedade. E nesse estudo concluiu que 20% da população era detentora de 80% da riqueza social. É um critério para solução de problemas, aplicado a priorizar os problemas a serem resolvidos e a distribuição de pesos aos dados a serem analisados.

A finalidade do diagrama de Pareto é ordenar de forma decrescente as frequências das ocorrências. O principal objetivo é identificar os problemas de maior importância, separá-los dos de menor importância, possibilitando o maior aprofundamento e maior esforço sobre eles para buscar melhorias. É também conhecido como diagrama ABC, regra 80/20 ou 70/30 (BALLESTERO-ALVAREZ, 2010).

A análise de Pareto está fundamentada no fato de que poucas causas são responsáveis pela maioria dos problemas. Pode ser entendido como 20% dos eventos sendo responsáveis por 80% das falhas, ou vice-versa (SLACK, 2009). Deve ser construído a partir de uma folha de dados, sendo um gráfico de barras que mostra a frequência de dados e ordena as informações de maneira a poder determinar as prioridades para o processo de análise e melhorias (HANSEN, 2006).

#### 2.3.5 Do

O D de *Do*, fazer no idioma inglês, traz a ideia de executar e nesta etapa ocorre a implementação das ações necessárias. Nesta fase os procedimentos são colocados em prática e

o treinamento é indispensável para habilitar as pessoas a executarem as atividades com eficácia (BALLESTERO-ALVAREZ, 2010).

Neste processo é importante seguir o 5W2H, realizando a verificação física no local em que as ações estão sendo efetuadas.

### 2.3.6 Check

O C de *Check*, checar no idioma inglês, remete a ideia de verificar, é a fase de monitoramento e de realizar medições no processo e produtos em relação aos objetivos estabelecidos e expor os resultados. É o momento onde ocorre a verificação se os procedimentos foram entendidos de forma clara e se estão sendo aplicados corretamente. Um método para realizar a verificação de eficácia do sistema é realizando um sistema de auditorias internas (BALLESTERO-ALVAREZ, 2010).

Uma das ferramentas que possibilitam a visualização de efetividade é um gráfico sequencial, mostrando a evolução do caso em função do tempo ou um gráfico de comparação mostrando o antes e o depois. Para isso deve-se utilizar os dados coletados antes e após a ação de bloqueio para verificar a efetividade da ação e o grau de redução de resultados indesejáveis (GHINATO, 1996).

### 2.3.7 Action

O A de *Action*, ação no idioma inglês, remete a ideia de agir, é a fase de execução das ações para buscar a melhoria contínua dos processos. Caso durante a checagem ou verificação for evidenciado alguma anormalidade, faz-se necessário uma ação corretiva para atuar nas causas da não conformidade, adotando contramedidas para evitar a recorrência da falha (BALLESTERO-ALVAREZ, 2010).

## 2.4 MASP

No âmbito da gestão da qualidade, uma das metodologias utilizadas para auxiliar na identificação do problema é o método de análise e solução de problemas. Este método tem como objetivo identificar o alvo para elaboração de ações de correção e prevenção de modo a eliminar ou minimizar os problemas identificados. É um processo de melhoria constituído por oito etapas, iniciando pelo planejamento do trabalho que será realizado e apresentação de respostas que auxiliam na priorização do problema (CAMPOS, 1999). O MASP pode também ser

interpretado como uma evolução do PDCA, com incremento de fases no processo de melhoria, conforme quadro 1 (ARIOLI, 1998).

Quadro 1: Ciclo PDCA e MASP detalhado.

PDCA	Fluxo	ETAPA
P	1	Análise da Situação Atual
	2	Análise das Causas
	3	Análise das Soluções
	4	Plano de Ação
D	5	Implementação / Ação
C	6	Verificação
	7	Bloqueio foi efetivo?
A	8	Padronização
	9	Conclusão

Fonte: Adaptado de CAMPOS (2004)

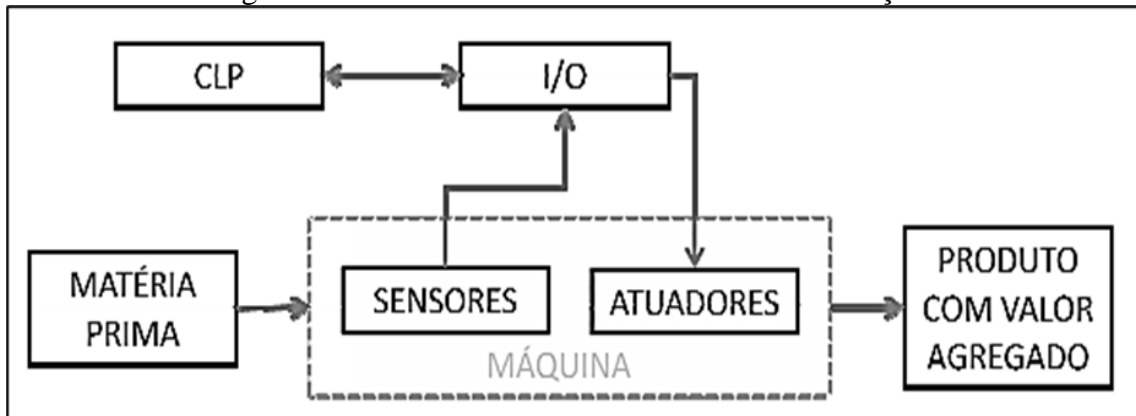
## 2.5 AUTOMAÇÃO

Automatizar uma máquina, equipamento ou processo é utilizar qualquer dispositivo mecânico, eletrônico ou eletrônico afim exercer de forma automática ou semi-automática controle sobre o sistema em questão (ANDRADE, 2013).

A compreensão da definição de um sistema é de fundamental importância para o entendimento da aplicação da automação no mesmo. Um sistema é a interação de diversos elementos combinados cujo funcionamento visa alcançar um objetivo comum (ANDRADE, 2013).

A figura 3, mostra de forma simplificada uma forma de sistema de controle básico para automação.

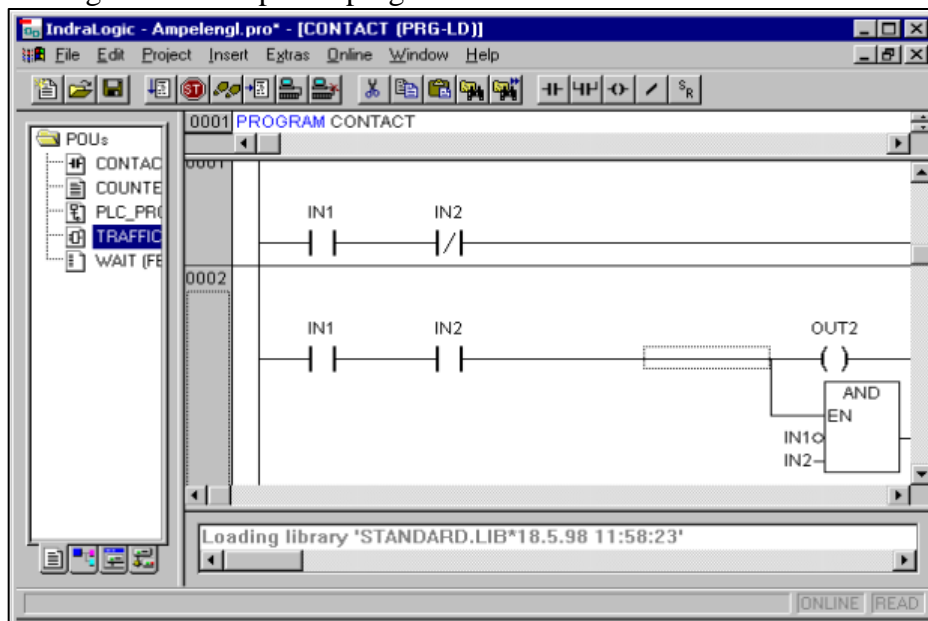
Figura 3: Fluxo de dados nos Elementos de Automação.



Fonte: Andrade (2013)

CLP (Controlador Lógico Programável) é o controlador do sistema todo e sua função é torna-lo o mais automatizado possível de forma que a intervenção humana no processo de transformação seja mínima. I/O é a terminologia oriunda do inglês para a representação das entradas e saídas do controlador, responsável por fazer a comunicação dos periféricos com o CLP. Um programa de CLP é composto pelo código fonte, escritos em linguagem de software de um determinado modelo de CLP. A linguagem *Ladder* com origem norte americana é a mais utilizada para esse tipo de programação, similar a lógica com reles. A figura 4, mostra um exemplo de uma linha de comando em *Ladder* (ANDRADE, 2013).

Figura 4: Exemplo de programa CLP com comandos em Ladder.



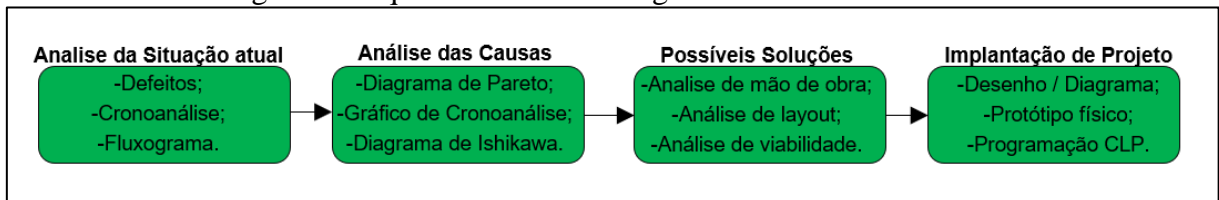
Fonte: Andrade (2013)

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo será realizado o desenvolvimento metodológico com a finalidade de atingir os objetivos propostos no trabalho. Para isso, muitos estudos, análises e coletas de dados serão necessários. A proposta é realizar um estudo, aplicação de ferramentas e técnicas de resolução de problemas com o propósito de melhorar a eficiência produtiva de uma linha de produção de Módulo com *Display* de Cristal Líquido em uma empresa do polo industrial de Manaus. Na análise da situação atual é realizado o estudo do produto, do *layout* de produção, do tempo de processo produtivo e dos defeitos do processo. Na análise das causas, são definidas as causas raízes dos problemas ou falhas. Em seguida foram quantificadas as metas e objetivos. Após a análise da situação atual e da escolha das ferramentas que serão utilizadas, chega o momento de realizar os estudos do problema, utilizando a teoria estudada. Nesta parte do trabalho serão realizadas as análises e a aplicação do modelo de melhoramento da produção. Com isso será possível propor as alternativas de melhoria, que serão descritas na próxima parte do trabalho.

Um esquema das etapas adotadas neste trabalho pode ser visualizado na Figura 5 abaixo:

Figura 5: Sequencia da Metodologia adotada neste trabalho.



Fonte: Próprio autor por meio do Power Point (2020).

#### 3.1 MATERIAIS

Placa de teclado, cabo flexível 4mm, 2 chapas de acrílico 710mmx25mmx3mm, parafusos *allen3* L11, Fonte de alimentação 24V 1,5A, 2 Relé de contato, braçadeiras, 2 chaves contactoras, notebook, *GX Works*, *CLP Mitsubishi*, Sensor capacitivo, cronometro digital, *Microsoft Excel*, *Microsoft Word*, *Microsoft Power Point* e *Autodesk AutoCAD*.

#### 3.2 MÉTODOS

O trabalho é classificado como uma metodologia investigativa, um trabalho de campo, sendo utilizada ferramentas e técnicas de solução de problemas para aplicação pratica, apoiada



na fundamentação teórica, e realizando-se a comparação dos dados antes e depois da implementação do plano de ação.

Para isso, o trabalho foi dividido em 8 partes, descritas abaixo:

- Análise da situação atual;
- Módulo com *Display* de Cristal Líquido: Conhecer a funcionalidade do Produto e a sequência de montagem;
- Layout: Conhecer a linha de montagem, teste do produto e como as atividades são divididas em cada posto de trabalho;
- Tempo de processo produtivo: Estratificar o tempo de cada posto afim de detectar o gargalo da linha por meio da ferramenta Cronoanálise;
- Defeitos: Estratificar os defeitos que tem maior impacto no resultado por meio do gráfico de Pareto;
- Análise das causas: Identificação dos problemas por meio do gráfico de *Ishikawa*;
- Objetivos e Metas: Determinar o problema a ser resolvido;
- Estudo das soluções propostas;
- Implantação: Etapas para aplicação na prática.

### 3.2.1 Análise da situação atual

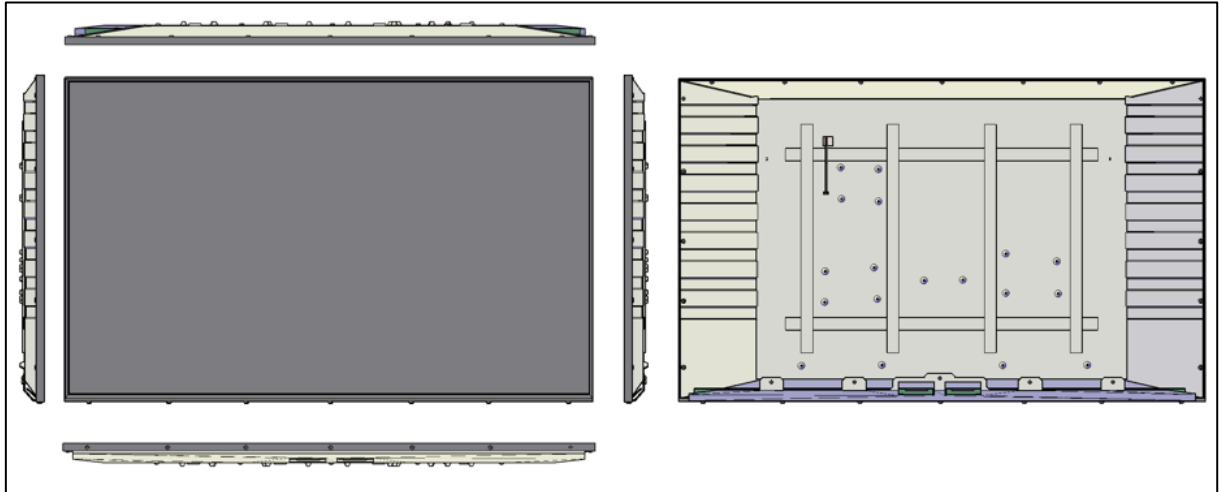
Na descrição da situação atual da empresa, é realizado o estudo do produto, do *layout* de produção, do tempo de processo produtivo e dos defeitos do processo das televisões atuais, um emissor de luz com um painel LCD (*Liquid Crystal Display*) preparado para receber as placas responsáveis pelo fornecimento de energia e sinal (ver figura 6).

#### 3.2.1.1 Módulo LCD (*Liquid Crystal Display*)

Para detectar as perdas e possíveis ganhos, é necessário compreender alguns dos principais pontos em relação ao produto fabricado. O produto trata-se de uma parte essencial das televisões atuais, um emissor de luz com um painel LCD (*Liquid Crystal Display*)

preparado para receber as placas responsáveis pelo fornecimento de energia e sinal (ver figura 6).

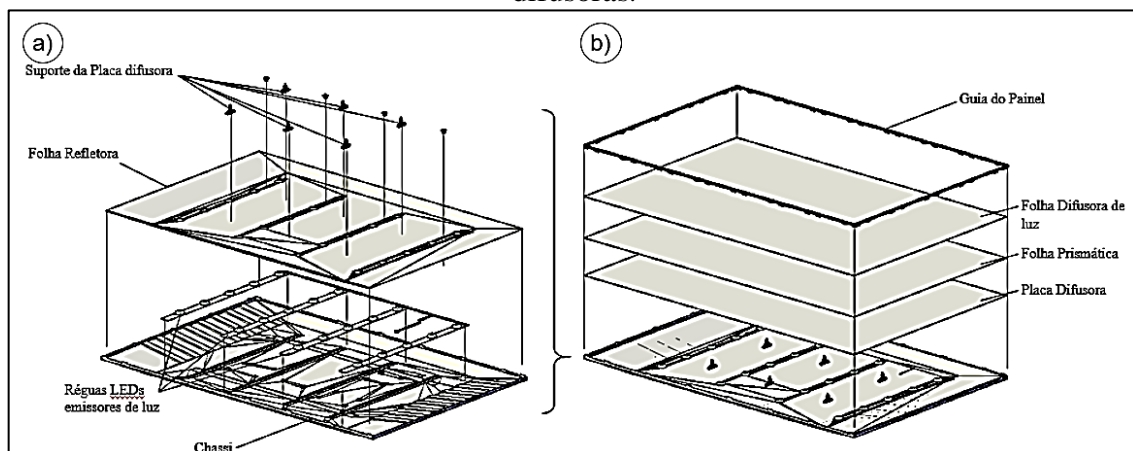
Figura 6: Desenho de Módulo LCD.



Fonte: Próprio autor por meio do AutoCAD (2020)

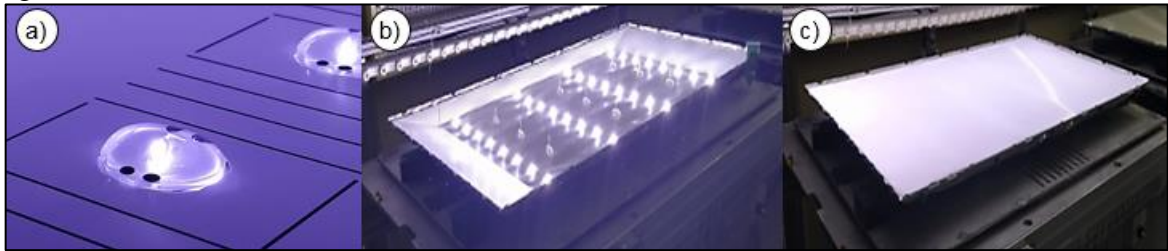
A fabricação inicia-se pela montagem do BLU – *Black Light Unit* qual é a parte inicial do processo de montagem. Sendo composta pelo chassi (*Cover Bottom*), LEDs, Folha refletora, suporte da placa difusora, folhas difusoras de luz e guia do painel, conforme sequência de montagem ilustrada na figura 7. Tem-se como principal função distribuir a luz emitida pelo LED de forma uniforme sobre uma superfície plana da tela, conforme figura 8. Sendo montada no setor da fábrica denominada BLU-*Black Light Unit*.

Figura 7: a) Vista explodida de BLU com LEDs; b) Vista explodida de BLU com folhas difusoras.



Fonte: Próprio autor por meio do AutoCAD (2020)

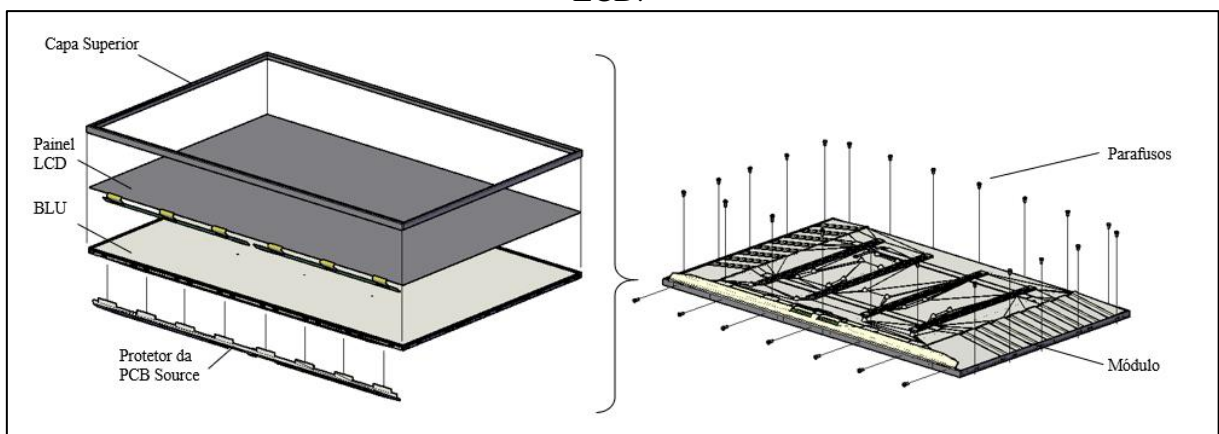
Figura 8: a) Foto de LED; b) Foto de BLU com LEDs; c) Foto de BLU com folhas difusoras.



Fonte: Próprio autor (2020)

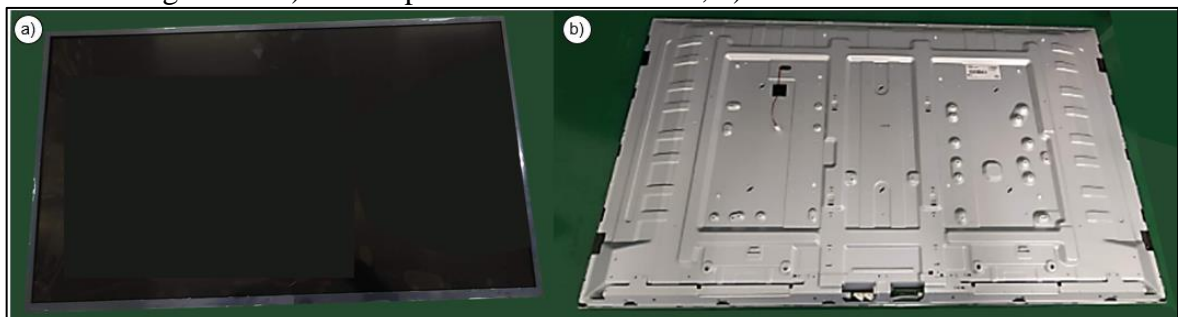
Após montagem do BLU, realiza-se o posicionamento do Painel de Cristal Líquido ou LCD-*Liquid Crystal Display*. Em seguida a montagem do Capa Superior (*Case Top*), Protetor da PCB (*Printer Circuit Board*) e por fim o parafusamento do Módulo LCD, conforme a figura ilustrativa 9 e figura real 10.

Figura 9: a) Vista explodida superior de Módulo LCD; b) Vista explodida inferior de Módulo LCD.



Fonte: Próprio autor por meio do AutoCAD (2020)

Figura 10: a) Foto superior de Módulo LCD; b) Foto inferior de Módulo LCD.



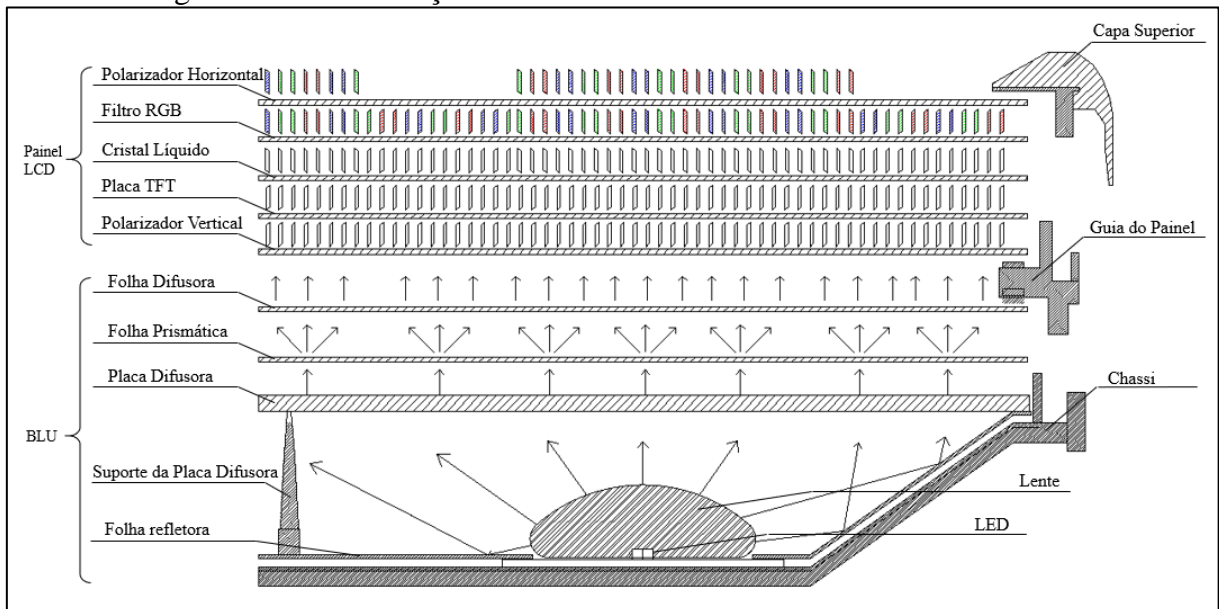
Fonte: Próprio autor (2020)

As telas de Cristal Líquido (LCDs) estão presentes na área eletrônica em vários equipamentos, com destaque às TVs, calculadoras, computadores e celulares.

As LCDs baseiam-se em uma tecnologia de produção de imagens sobre uma superfície composta por cristal líquido e filtros coloridos. Esta tecnologia apresenta aplicações nas quais equipamentos mais compactos e de menor consumo de energia são usados, comparados aos tubos de raios catódico que trabalham em alta voltagem para alimentar e controlar o canhão de elétrons existentes (VIVIANE , 2006).

Na figura 11, está representado o caminho que as luzes dos LEDs realizam em um BLU com Painel LCD (Modulo com *Display* de Cristal Líquido) até aparecer na tela. Tudo inicia a partir da luz emitida por LEDs no interior do BLU (*Black Light Unit*) que se propagam de forma aleatória. A folha refletora presente na parte inferior tem a função de refletir a luz e realizar o aproveitamento máximo de energia luminosa dos LEDs. Em seguida uma placa difusora de luz realiza o suporte das folhas superiores e a distribuição da luz. A distribuição de luz realizada pela placa difusora não é suficiente para realizar a distribuição uniforme em toda a superfície, então, uma folha prismática espalha a luz em vários sentidos para em seguida a folha difusora realizar a distribuição uniforme sobre a superfície da tela.

Figura 11: Vista de seção transversal de Módulo LCD com fluxo de luz.

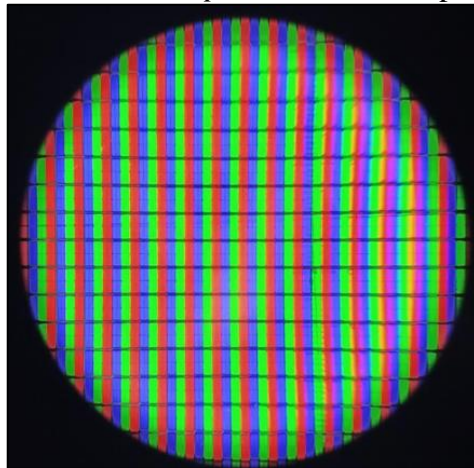


Fonte: Próprio autor por meio do AutoCAD (2020)

Sobre o BLU posiciona-se o Painel LCD (*Liquid Crystal Display*) responsável por receber a informação/sinal e realizar o filtro da luz. A camada inicial é responsável por polarizar a luz no sentido vertical. A placa TFT é uma camada de vidro com eletrodos e transistores

*mosfet* responsáveis por polarizar ou não o cristal líquido. A camada de cristal líquido realiza a polarização da luz em um sentido para cada *subpixel*, conforme figura 12. A camada com filtro de cor é onde se encontra a camada RGB (*Red, Green e Blue*), camada responsável por atribuir cor em cada *subpixel* e permitir a formação de milhões de cores na tela. E por fim uma camada de polarizador horizontal, é o filtro que permite com que uns *subpixels* ascendam e outros não.

Figura 12: Foto de *subpixels* iluminados pelo BLU.

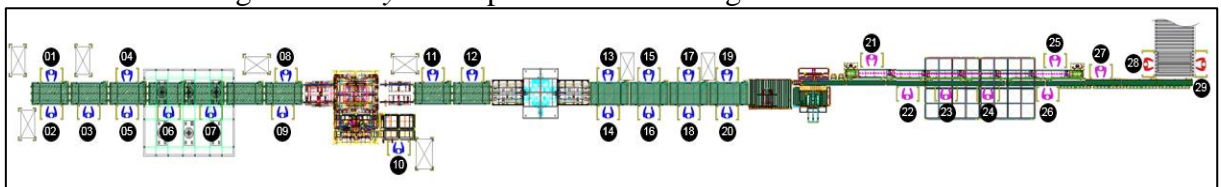


Fonte: Próprio autor (2020)

### 3.2.1.1 Layout do Processo

O processo para montagem de Módulo com *Display* de Cristal Líquido é composto por uma linha de produção e 29 colaboradores trabalhando diretamente na linha (ver figura 13). Destes, 20 são colaboradores para realização de montagem do produto indicados em azul na figura 14, 7 são para realização de testes de qualidade de produto indicados em rosa na figura 14 e 2 são colaboradores terceirizados indicados em vermelho na figura 14 para realização de embalagem do produto.

Figura 13: *Layout* do processo de montagem de Módulo LCD.

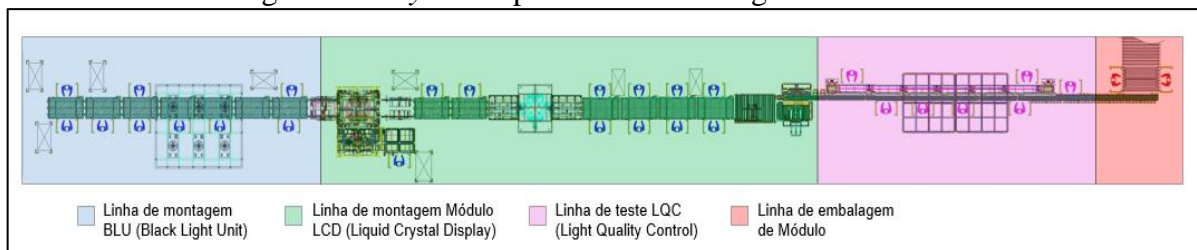


Fonte: Próprio autor por meio do AutoCAD (2020)

Essa linha de montagem é ainda subdividida em 4 partes, conforme figura 14. O início da linha até a montagem do guia do painel é denominado linha de montagem BLU (*Black Light*

Unit) ou Processo BLU, e em seguida, onde é montado o painel sobre o BLU, é denominado linha de montagem Módulo LCD (*Liquid Crystal Display*) ou processo Módulo. Após isso é realizado os testes de qualidade na linha de LQC (*Light Quality Control*), ou seja, inspeção para controle de qualidade de luz do Módulo LCD. E por fim, é realizado a embalagem do produto na linha de embalagem.

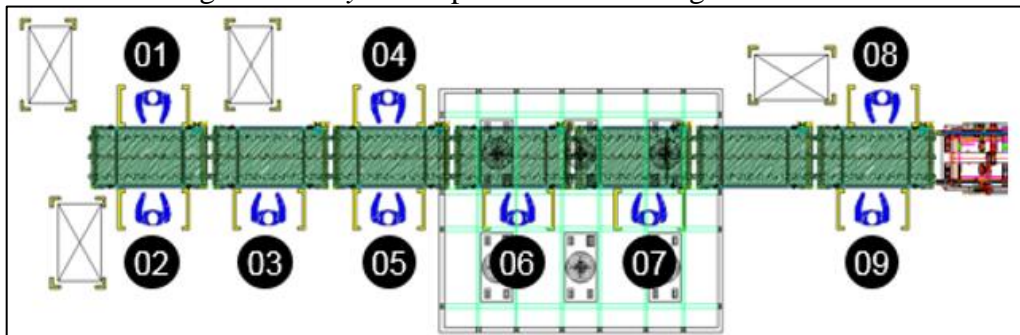
Figura 14: *Layout* do processo de montagem subdividida.



Fonte: Próprio autor por meio do AutoCAD (2020)

A linha de montagem BLU, possui 9 colaboradores na linha de montagem como é possível verificar na figura 15 e suas respectivas atividades estão descritas no quadro 2.

Figura 15: *Layout* do processo de montagem do BLU.



Fonte: Próprio autor por meio do AutoCAD (2020)

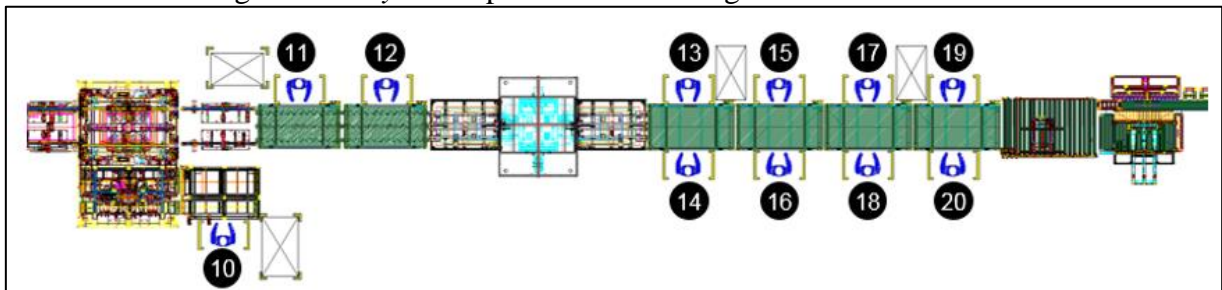


Quadro 2: Atividades por posto de trabalho do processo BLU.

Linha de montagem BLU (Black light Unit)	
Nº Posto	Atividade
01	Alimentação do chassi na linha e conexão do cabo de alimentação
02	Posicionamento de folha refletora
03	Fixação da folha refletora
04	Montagem de suporte da placa difusora
05	Montagem de suporte da placa difusora
06	Posicionamento das folhas prismáticas e difusoras
07	Posicionamento das folhas prismáticas e difusoras
08	Montagem do Guia do Painel
09	Montagem do Guia do Painel

Fonte: Próprio autor por meio do Power Point (2020)

A linha de montagem de Módulo LCD (*Liquid Crystal Display*), conforme figura 13, possui 11 colaboradores na linha de montagem e suas respectivas atividades estão descritas no quadro 3.

Figura 16: *Layout* do processo de montagem do Módulo LCD.

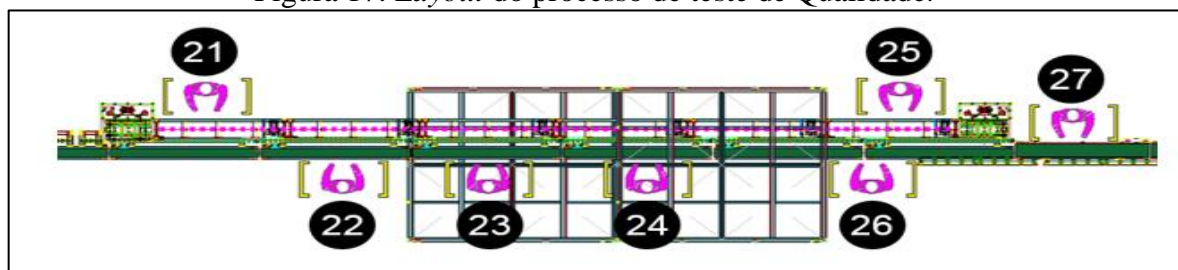
Fonte: Próprio autor por meio do AutoCAD (2020)

Quadro 3: Atividades por posto de trabalho do processo Módulo LCD.

Linha de montagem Módulo LCD (Liquid Crystal Display)	
Nº Posto	Atividade
10	Alimentação de Painel no equipamento INDEX
11	Montagem do Case Top e parafusamento inferior
12	Parafusamento inferior
13	Conexão de Placa T-CON (Time Controlling)
14	Parafusamento superior
15	Posicionamento de protetor de PCB (Printer Circuit Board)
16	Parafusamento superior
17	Parafusamento do protetor
18	Parafusamento da T-CON
19	Parafusamento do protetor
20	Parafusamento lateral

Fonte: Próprio autor por meio do Power Point (2020)

A linha de teste de qualidade de Módulo LCD (*Liquid Crystal Display*) possui 7 colaboradores indicado na figura 17 e suas respectivas atividades estão descritas no quadro 4.

Figura 17: *Layout* do processo de teste de Qualidade.

Fonte: Próprio autor por meio do AutoCAD (2020)

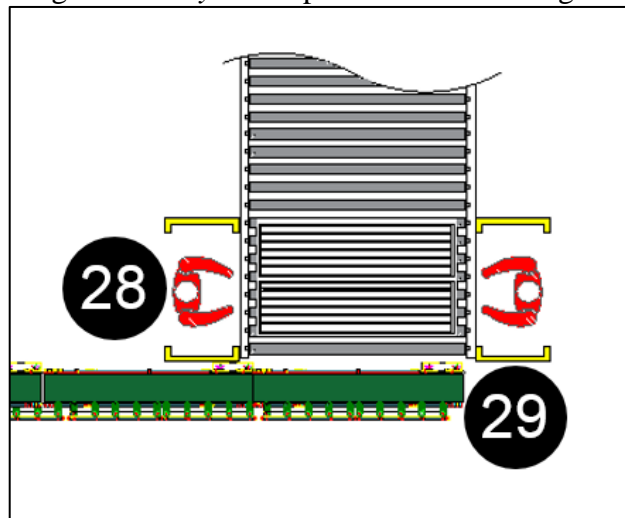


Quadro 4: Atividades por posto de trabalho do processo de teste de Qualidade.

Linha de teste LQC (Light Quality Control)	
Nº Posto	Atividade
21	Conxão de cabos de alimentação
22	Ligar Módulo LCD
23	Inspação de tela
24	Inspação de tela
25	Deconexão de cabos
26	Inspeção frontal
27	Inspeção traseira

Fonte: Próprio autor por meio do Power Point (2020)

A linha de embalagem de Módulo LCD (*Liquid Crystal Display*), possui 2 colaboradores terceirizados indicados na figura 18 e suas respectivas atividades estão descritas no quadro 5.

Figura 18: *Layout* do processo de Embalagem.

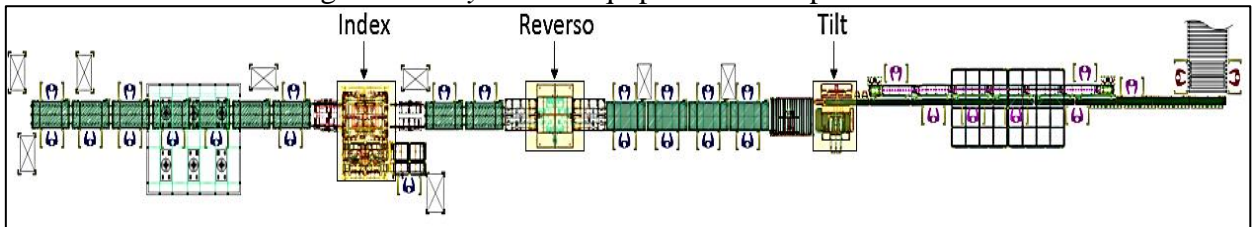
Fonte: Próprio autor por meio do AutoCAD (2020)

Quadro 5: Atividades por posto de trabalho do processo de Embalagem.

Linha de embalagem	
Nº Posto	Atividade
28	Posicionamento de Módulo LCD na caixa
29	Posicionamento de Módulo LCD na caixa

Fonte: Próprio autor por meio do Power Point (2020)

O Processo de produção de Módulo com *Display* de Cristal Líquido conta ainda com três equipamentos na linha. O primeiro equipamento denominado Index é uma máquina de alta precisão responsável pela montagem de painel LCD (*Liquid Cristal Display*) no BLU (*Black Light Unit*) automaticamente. O segundo equipamento denominado Reverso, é um equipamento robusto responsável por realizar o giro do produto em 180°. O terceiro equipamento denominado *Tilt*, é um equipamento robusto responsável por posicionar o produto verticalmente na linha para testes de qualidade (ver figura 19).

Figura 19: *Layout* dos equipamentos do processo.

Fonte: Próprio autor por meio do AutoCAD (2020)

### 3.2.1.2 Tempo de Processo Produtivo

Segundo Peinado et al (2007) define-se estudo de tempos, movimentos e métodos como uma técnica que permitirá uma análise minuciosa de uma operação, determinando uma forma mais eficaz e eficiente de executá-la, para isso, o tempo necessário para se realizar uma tarefa deve ser cronometrado, dividindo a operação em elementos e cronometrando cada um deles para se obter um tempo padrão final, essa divisão permite eliminar movimentos desnecessários, proporcionando a economia de tempo e esforço do operário.

Enquanto Negreiros (2011) afirma que tempo de processo produtivo quando aplicado a engenharia de métodos objetiva estabelecer padrões, que por meio de um estudo de tempos de um trabalho de forma sistemática é capaz de determinar um método mais prático e eficiente

para realização de uma atividade. Para isso utiliza-se o registro e a análise de determinada atividade, visando encontrar o método para realizar essa atividade de forma que aumente a produtividade.

### 3.2.1.3 Tipos De Tempos de Processo Produtivo

Os tempos de processo produtivo são:

**Lead Time:** é o tempo que uma peça demora para percorrer toda a linha de produção até a entrega ao cliente final. Esse processo leva em consideração coleta de matéria-prima, linha de montagem, componentes de produção, transporte, logística e etc. Temos duas subdivisões nesse conceito:

- a) *Lead time* de estoque: O cálculo é baseado na quantidade de estoque em dia/hora.
- b) *Lead time* para transporte (fluxo): Quando falamos em transporte interno, refere-se ao período total da rota. Se for o caso de caminhão, é o tempo de trânsito mais carga e descarga.

**Takt Time:** É o ritmo de produção necessário para atender a demanda do mercado. Para o cálculo, divide-se o tempo disponível para produção em determinado período pela demanda dos clientes. O objetivo é fornecer um ritmo de produção mais alinhado com a demanda existente, sem sobrecarregar nenhum setor pelo excesso de estoque gerado em outro ponto.

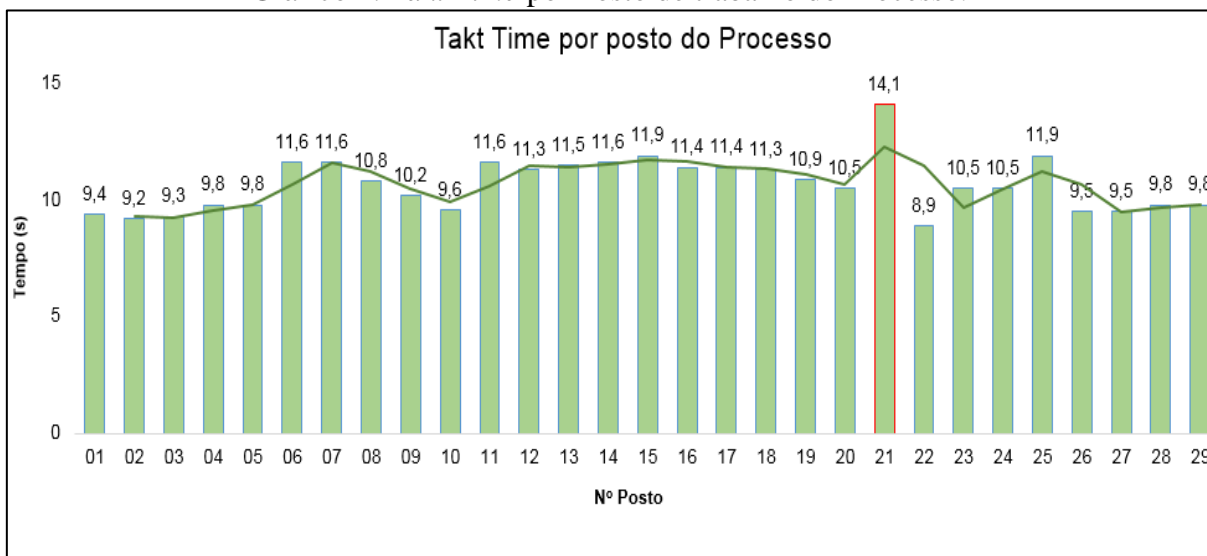
Além do ritmo, ao se controlar o *Takt Time*, é possível realizar uma avaliação sistêmica quando um recurso novo entrar em operação ou quando houver contratação de um novo fornecedor. Dessa maneira, pode-se verificar se essas mudanças apresentam, no mínimo, uma performance igual ao ritmo anterior da empresa ou se tornou um gargalo de produção ou de fornecimento.

**Cronoanálise:** Essa ferramenta tem por objetivo obter informações detalhadas das atividades do processo de produção por meio da cronometragem dos tempos, assim, é possível determinar o método mais eficiente para execução de cada processo, reduzindo custos e otimizando a produção. Para realizar a cronometragem de forma eficiente, é importante seguir as cinco etapas a seguir:

- a) Análise prévia da operação: Anotar informações relevantes sobre o processo que será analisado, tais como tipo de peça, matéria prima, setor, operadores, ferramentas e dispositivos disponíveis;
- b) Dividir o processo produtivo em elementos curtos: não se deve fazer uma única cronometragem do início ao fim do processo. Deve-se dividi-lo em pequenas etapas para melhor apuração do tempo e posteriormente identificação dos principais gargalos;
- c) Avaliar o nível de habilidade e experiência do operador;
- d) Determinar o tempo padrão.

A metodologia de tempos e métodos já é aplicada com resultados extremamente positivos nos mais diversos processos produtivos, com linhas de baixa a alta complexidade. Entender como é feita cada etapa da sua produção e quanto tempo elas levam, traz uma visão sistêmica da empresa, sendo o gestor capaz de determinar onde precisa de maior atenção e comparar os métodos utilizados para dizer qual é o mais eficiente.

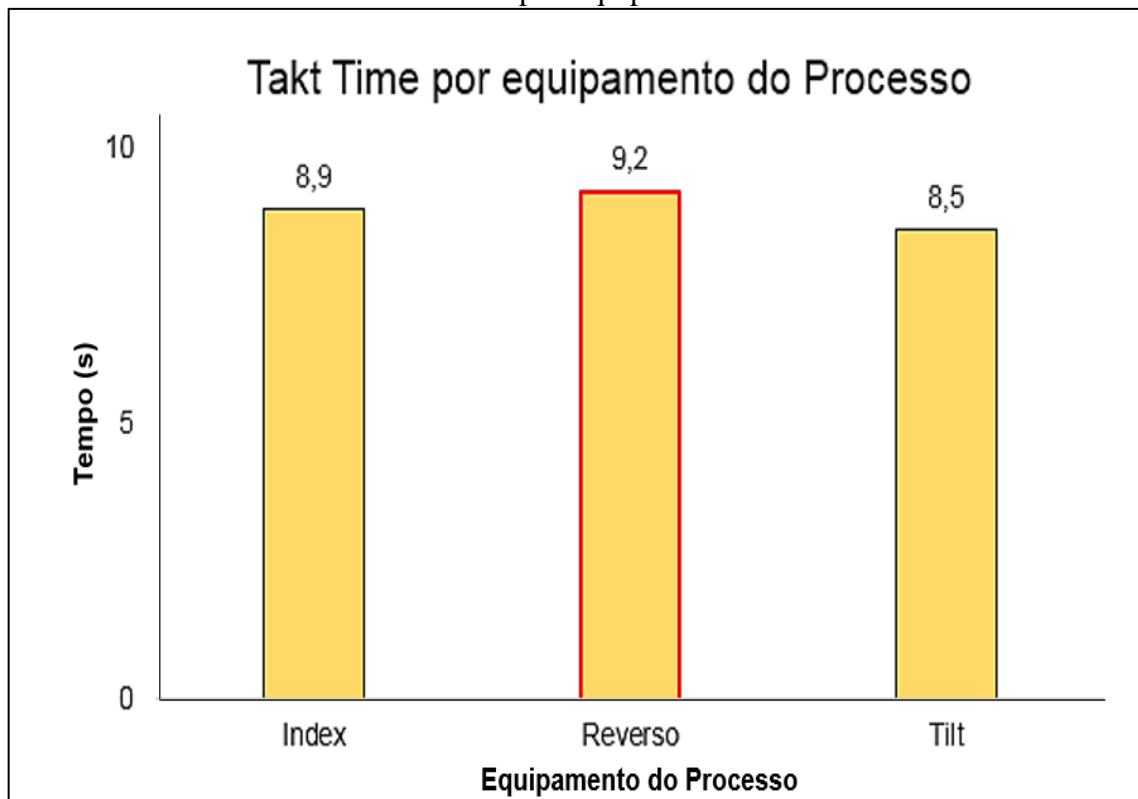
Dentre estes tipos de medição de tempo, serão utilizados o *Takt Time* e a Cronoanálise, realizadas para cada posto de trabalho no *layout* de produção de Módulo LCD. Foi realizada medição utilizando um cronometro digital, coletando 10 amostras de tempo por posto e realizado levantamento por meio de tabela da média do tempo que cada posto necessita para execução da atividade, estratificado no gráfico 1. A medição de atividade de um posto foi realizada entre o tempo que o colaborador inicia a atividade até a finalização da mesma, desconsiderando o tempo em que o colaborador aguarda o próximo produto.

Gráfico 1: *Takt Time* por Posto de trabalho do Processo.

Fonte: *Line Ballance* Módulo LCD (ago/2020)

Por meio do gráfico 1, é possível identificar o tempo padrão denominado por Peinado et al (2007) de cada posto do processo produtivo. E com isso identificar o gargalo no posto 21 com maior *Takt Time*, o qual limita a capacidade máxima produtiva do processo.

Foi realizado o mesmo processo para verificação do *Takt Time* dos equipamentos da linha de produção, e com isso foi possível obter os resultados do gráfico 2, onde é possível identificar que o equipamento Reverso tem um tempo maior de execução (gargalo).

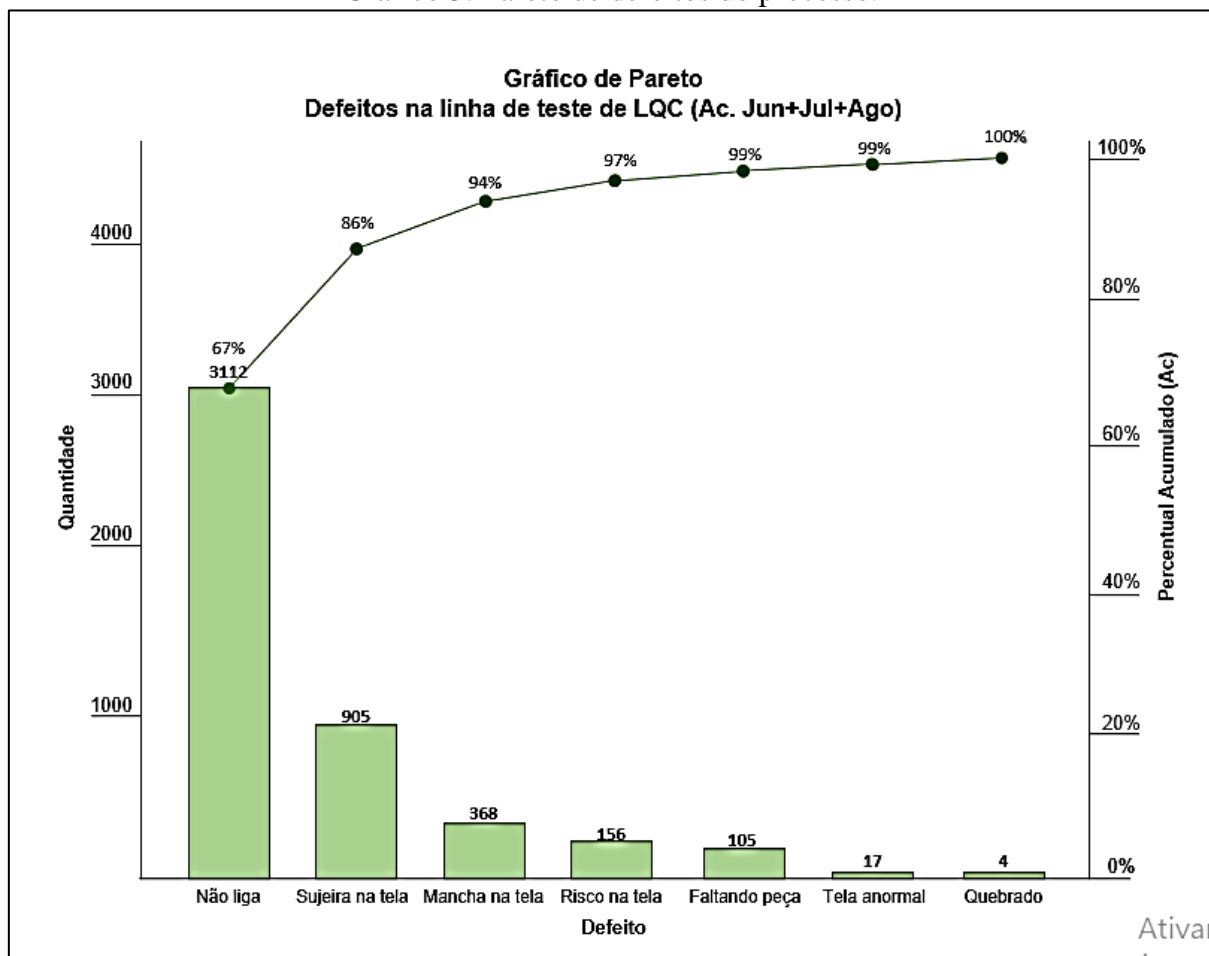
Gráfico 2: *Takt Time* por Equipamento do Processo.

Fonte: *Line Balance* Módulo LCD (Ago/2020)

#### 3.2.1.4 Defeitos

Foi realizado a estratificação dos defeitos que ocorrem com mais frequência no processo de produção. Por meio do gráfico de Pareto de defeitos como é possível verificar no gráfico 3, realizado para os meses de junho a agosto de 2020, é possível verificar que o defeito 'não liga' ocorre com maior frequência.

Gráfico 3: Pareto de defeitos do processo.



Fonte: Sistema de monitoramento de defeitos Módulo LCD (2020)

### 3.2.2 Análise das Causas

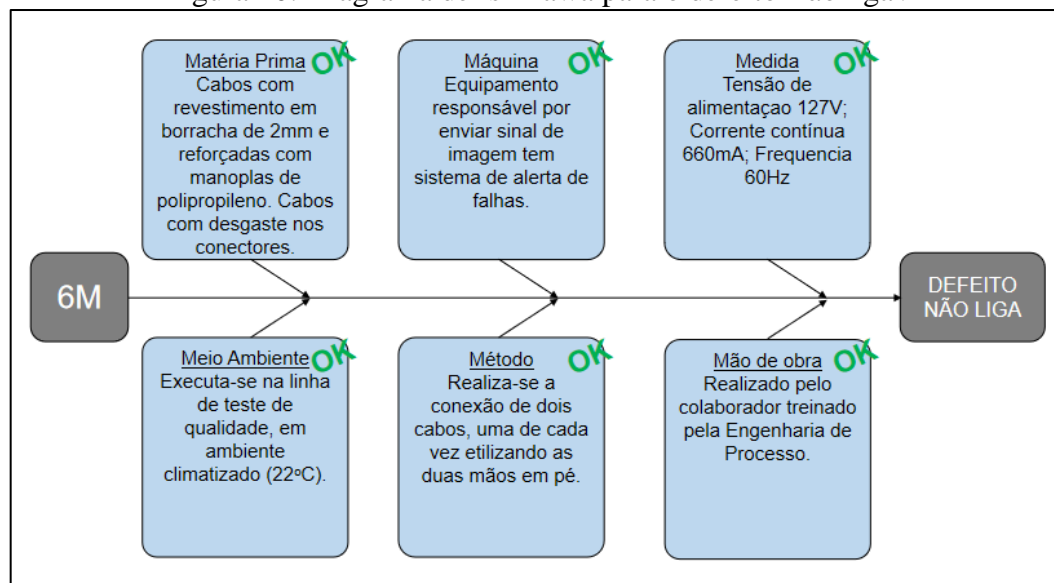
Conforme medição de tempo e Cronoanálise realizados, é possível verificar que o posto de conexão de cabos para teste de qualidade é o processo que demora mais tempo (14,1 segundos) para execução, o que limita a capacidade do processo produtivo. O tempo desse processo limita o UPH (unidade produzida por hora) do processo em 255.

Com base nisso, pode-se concluir que para atingir um aumento na capacidade produtiva é necessário realizar o aumento na quantidade de mão de obra, afim de realizar a distribuição de atividade.

Analisando o gráfico de Pareto de defeitos do processo, é possível verificar que o defeito não liga tem maior frequência de ocorrência representando 67% dos defeitos gerados entre os meses de junho a setembro. Com o auxílio da ferramenta de análise de Ishikawa foi feito um estudo para verificar as causas que acarretam no defeito 'não liga' (ver figura 20).

Relacionado ao método foi verificado os procedimentos para conexão de cabos, e verificou-se que o colaborador realiza a conexão de dois cabos, realizando um de cada vez e utilizando sempre as duas mãos. Relacionado ao material, foi realizado a verificação de qualidade dos cabos os quais são revestidos em borracha de 2mm, com manoplas e verificou-se que 12% dos cabos estavam com desgaste nos conectores, devido ao atrito durante a conexão e desconexão contínua no processo de teste. Relacionado ao meio ambiente, verificou-se que estava operando em 22°C, o que segundo NR17, do Ministério do trabalho, recomenda que a temperatura em áreas de trabalho intelectual ou que exija atenção constante deve estar entre 20° e 23°. Relacionado a máquina, foi verificado o dispositivo responsável por enviar o sinal ao produto funciona corretamente e quando o dispositivo se danifica por algum motivo, um sinal visual e sonoro é ativado e em sequência um responsável da manutenção realiza a substituição do dispositivo e reparo do defeituoso. Relacionado a mão de obra verificou-se que o colaborador estava devidamente treinado, orientado pela Engenharia de Processo e com registro em documento.

Figura 20: Diagrama de Ishikawa para o defeito 'não liga'.



Fonte: Próprio autor (2020)

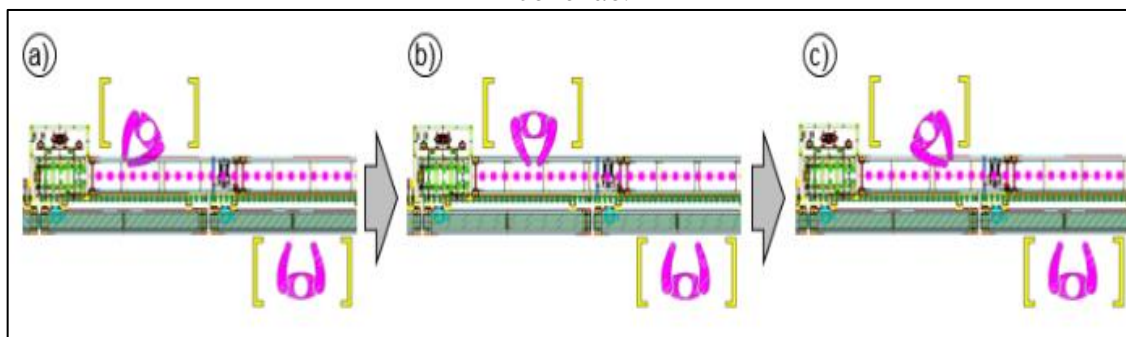
Após verificação no processo, foi realizada análise no setor de reparo e evidenciado que 78% dos defeitos que não ligaram no processo de teste na linha, ligam normalmente ao serem testadas no setor de reparo. Com isso foi realizado o teste no processo LQC, o qual consistia em aguardar um Módulo de LCD apresentar o defeito 'não liga' e então parar a linha e realizar a desconexão e conexão novamente, e testar liga-la novamente. Com esse teste 62%



dos Módulos de LCD voltaram a ligar após reconexão. Com isso foi possível concluir pelo menos 62% dos defeitos ‘não liga’ são causados pela má conexão de cabos.

Com isso, foi realizado a verificação do método de conexão novamente. Desta vez foi possível observar que o colaborador utilizava movimentos em torno de 120° para execução de atividade, onde o mesmo iniciava com ambas mãos no lado direito e realizando o processo de conexão com linha em movimento o que fazia com que o colaborador terminasse a atividade com ambas mãos no seu lado esquerdo, conforme Figura 21.

Figura 21: a) Conexão de primeiro cabo; b) Conexão de segundo cabo; c) Finalização de conexão.



Fonte: Próprio autor por meio do AutoCAD (2020)

### 3.2.3 Metas

Tendo em vista os problemas, de qualidade do cabo já são realizadas trocas preventivas respeitando sua vida útil e que o dispositivo de teste já indica a falha por meio de sinal sonoro e visual. O objetivo, é realizar melhoria para reduzir o índice do defeito ‘não liga’ visando o colaborador que realiza a conexão de cabos. Realizar esse ganho sem acréscimo de mão de obra e sem perda de capacidade de produção. Com isso, foi possível estipular uma meta de redução de defeitos de 35% nos defeitos do processo.

### 3.2.4 Estudo das Soluções Propostas

Visto que o problema de má conexão é gerado devido ao posicionamento inadequado ocasionado pela realização com esteira em movimento, uma possível solução seria realizar a parada da esteira para conexão e instalar uma botoeira para liberação manual após conexão de cabos. No entanto essa parada de linha geraria um tempo de espera adicional e consequentemente um aumento no *Takt Time*. Ou seja, redução no índice de defeito sem

aumento de mão de obra, porém com redução na capacidade máxima de produção, não gerando ganhos satisfatórios para melhoria de eficiência.

Outra solução seria a distribuição de atividade, visto que o colaborador da conexão de cabos realiza a conexão de dois cabos. O aumento de uma mão de obra para realização de conexão permitiria a distribuição de atividades, possibilitando a execução da atividade com linha em movimento e com maior qualidade de execução e com isso também seria reduzir o tempo gargalo da linha, reduzindo o *Takt Time* e conseqüentemente um aumento na capacidade máxima de produção. No entanto, o aumento de mão de obra geraria custos de produção, e não gerando ganhos satisfatórios para melhoria de eficiência uma vez que estaria aumentando a despesa fixa mensal para produção.

Visto essas duas possibilidades, foi verificado pontos do processo onde seria possível realizar a automatização para eliminação de mão de obra. Com isso, seria possível redirecionar o colaborador para dar suporte na conexão de cabos. Verificou-se que o posto 22, onde o colaborador liga o Módulo LCD, havia possibilidade de automatização de atividade. O colaborador do posto 22, envia comando para ligar o produto pressionando a tecla ‘Z’ do teclado e em seguida a tecla ‘ALT’. As teclas de um teclado são sinais enviados para o computador acionados mecanicamente ao pressionar a tecla. A partir disso, foi iniciado um estudo para criação de um dispositivo de acionamento automático de teclas por meio de reles de contato.

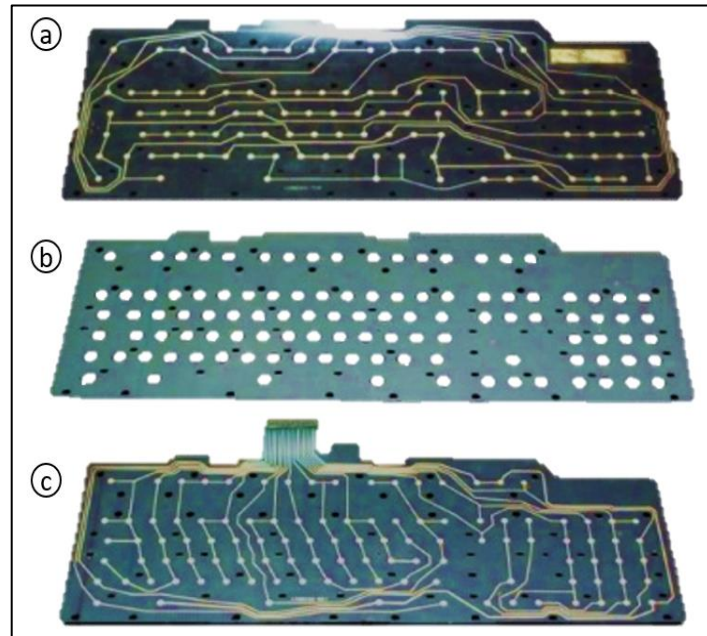
Com a implantação do dispositivo de acionamento automático de teclas seria possível redirecionar o colaborador do posto 22 para dar suporte na conexão de cabos (posto 21), sendo possível a distribuição de atividades. Como consequência teria uma diminuição de defeitos ‘não liga’, com aumento na capacidade produtiva e sem aumento de mão de obra.

### 3.2.4 Implantação

O processo de implantação foi dividido em cinco etapas:

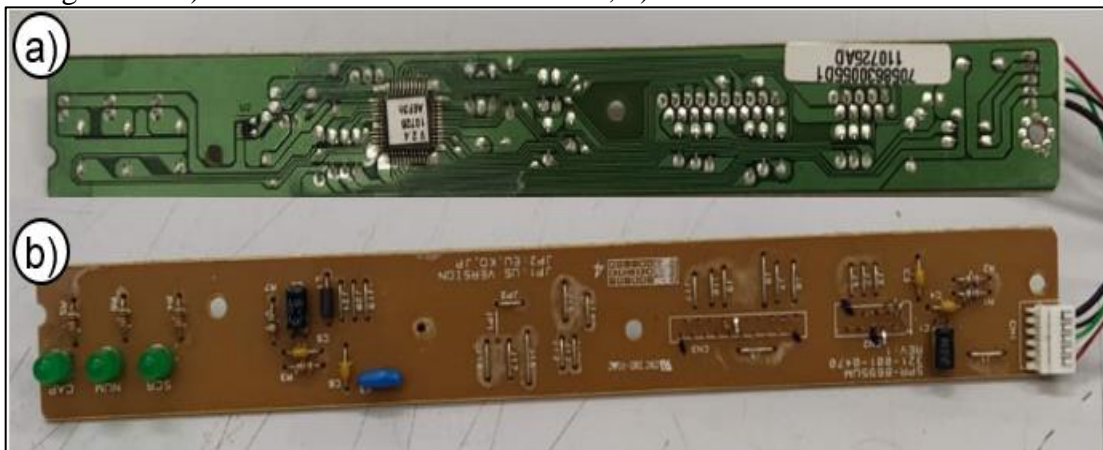
**1. Estudo de funcionamento do teclado:** Sabe-se que os teclados são dispositivos periféricos de entrada e que mandam informação para um computador por meio de teclas físicas. Então, ao abrir um teclado foi possível perceber que cada tecla do teclado é um contato elétrico normalmente aberto organizadas em forma de membranas (ver figura 22) e quando alguma tecla é pressionada um contato elétrico entre uma membrana e outra é fechado, e interpretado pela placa processadora do teclado (ver figura 23), que por sua vez envia uma determinada informação para o computador. Logo, se as teclas forem substituídas por reles de contato, então seria possível controlar o teclado por meio de sinais elétricos.

Figura 22: a) Membrana superior do teclado; b) Membrana divisória; c) Membrana inferior do teclado.



Fonte: Próprio autor (2020)

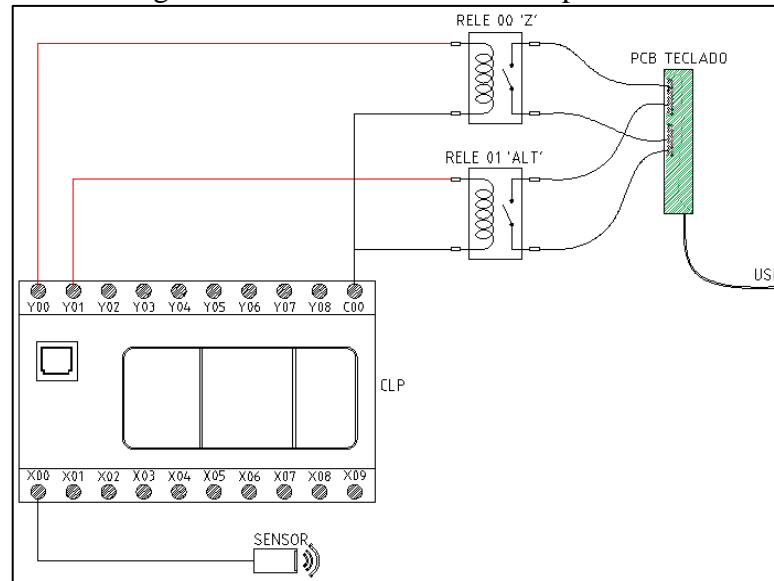
Figura 23: a) Foto frontal de PCB do teclado; b) Foto traseira de PCB do teclado.



Fonte: Próprio autor (2020)

**2.Elaboração de esquema elétrico a ser utilizado:** Com isso, foi elaborado um circuito elétrico para revisar e simular o funcionamento do dispositivo (ver figura 24).

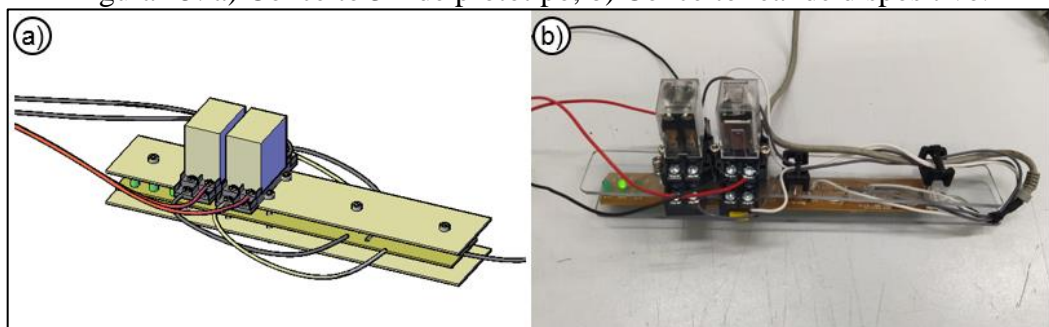
Figura 24: Circuito elétrico do dispositivo.



Fonte: Próprio autor por meio do AutoCAD (2020)

**3.Desenvolvimento e teste de protótipo** (ver figura 25): A partir do desenvolvimento teórico do dispositivo foi iniciado a montagem do protótipo. Inicialmente foi identificado os pontos de contato que representam as teclas ‘Z’ e ‘ALT’ (teclas que o colaborador do posto 22 utilizada no processo) nas membranas do teclado. Com isso foi identificado nos conectores da placa principal qual pino estava ligado ao ponto demarcado. Foram soldados fios flexíveis de 1mm em cada pino e conectados ao relé de contato. A partir disso possuíamos um dispositivo de acionamento de teclas por meio de relés.

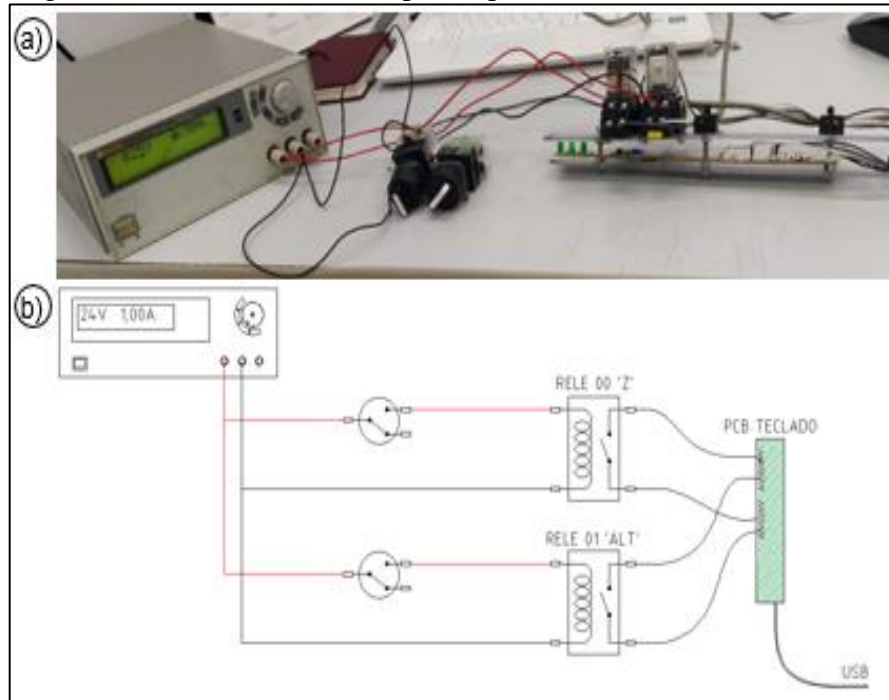
Figura 25: a) Conceito 3D de protótipo; b) Conceito real de dispositivo.



Fonte: Próprio autor (2020)

E então foi utilizado uma fonte de 24 *Volts* e 3 *Amperes* com duas chaves seletoras para realizar o teste de funcionamento em um notebook com word conforme figura 26, e verificar se com o acionamento da chave seletora a placa do teclado iria enviar a informação.

Figura 26: a) Foto de teste do protótipo; b) Circuito elétrico de teste.



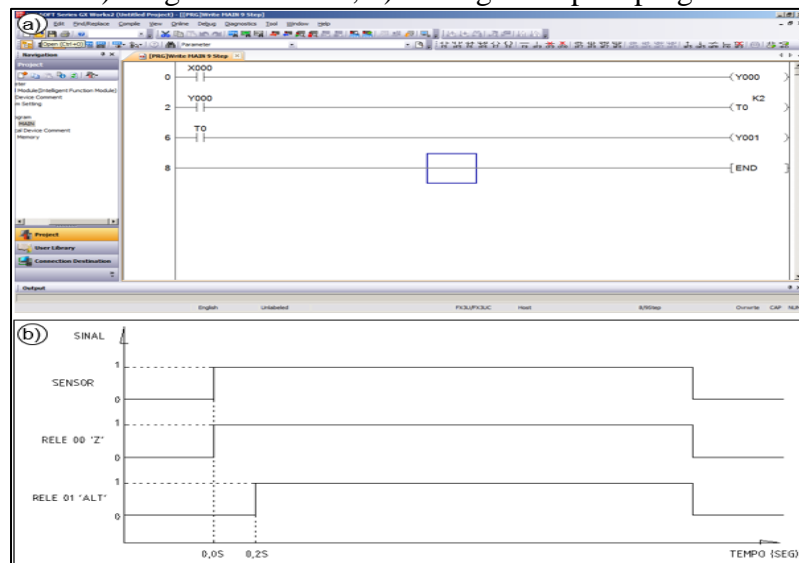
Fonte: Próprio autor (2020)

Após obter sucesso nos testes, foi realizado o mesmo teste no computador de testes da linha e verificar se o Módulo LCD irá ligar.

Após obter sucesso nos testes, foi iniciado a programação no CLP para que o acionamento seja realizado, não mais pela chave seletora e fonte de alimentação, mas pelo dispositivo CLP já existente no painel de controle da linha de produção.

**4.Elaboração de programa no CLP:** O colaborador do posto 22 realizava o pressionamento das teclas 'Z' e em seguida 'ALT' sequencialmente. O programa no CLP deverá realizar a mesma função que o colaborador executava. Inicialmente um sensor capacitivo identifica o posicionamento do Módulo LCD e envia um sinal 24V para o CLP. Quando o CLP recebe um sinal de X00 (sinal do sensor capacitivo) o programa no CLP realiza a execução das seguintes linhas do programa, o programa CLP 01 foi escrito sem considerar o pulso contínuo de X00 e falhando no processo, ver figura 27.

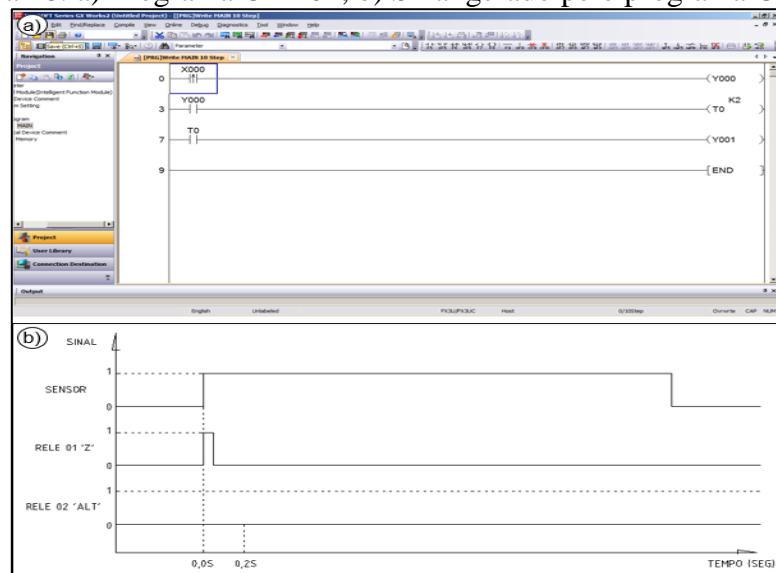
Figura 27: a) Programa CLP 01; b) Sinal gerado pelo programa CLP 01.



Fonte: Próprio autor por meio do GXWorks (2020)

O segundo programa foi escrito utilizando o pulso positivo de subida no X00 para tornar o sinal do 'Z' pulso único, no entanto, não era enviado sinal para o rele do 'ALT' devido ao tempo do temporizador (0,2s), ver figura 28.

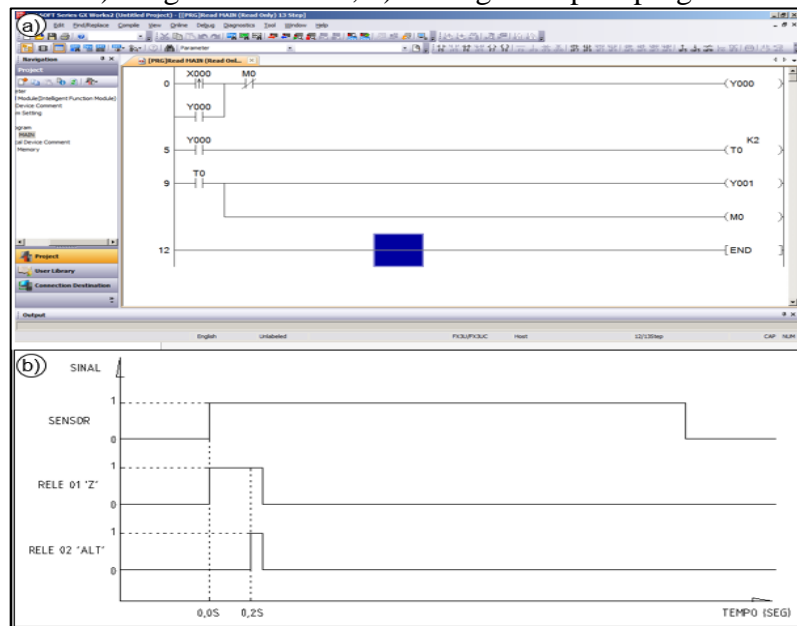
Figura 28: a) Programa CLP 02; b) Sinal gerado pelo programa CLP 02.



Fonte: Próprio autor por meio do GXWorks (2020)

O terceiro programa foi escrito levando em consideração o sinal do rele 2 'ALT', no entanto, o acionamento contínuo do rele 1 gerou falha pois os reles deveriam ser acionados sequencialmente (ver figura 29).

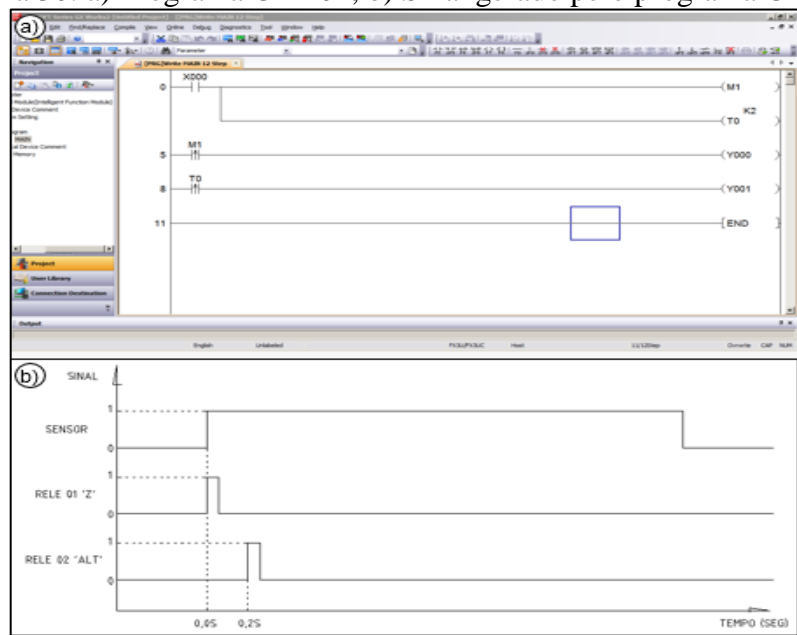
Figura 29: a) Programa CLP 03; b) Sinal gerado pelo programa CLP 03.



Fonte: Próprio autor por meio do GXWorks (2020)

Para o quarto programa foram utilizados pulso positivo de subida em ambos o acionamento de reles, gerando pulsos sequenciais e funcionou perfeitamente no processo (ver figura 30).

Figura 30: a) Programa CLP 04; b) Sinal gerado pelo programa CLP 04.



Fonte: Próprio autor por meio do GXWorks (2020)

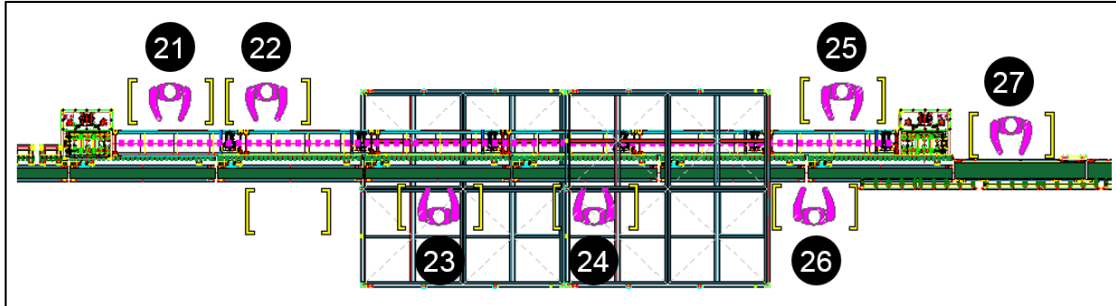
**5. Teste no processo:** Após implementação no processo produtivo, foi realizado o acompanhamento por uma semana com o colaborador ainda em posto, para casos de imprevistos, porém o dispositivo funcionou perfeitamente. E com isso foi possível remanejar o colaborador do posto 22 para auxiliar na atividade de conexão de cabos. A Instrução de trabalho do posto 22 foi atualizada, para posto de conexão de um cabo e a do posto 21 foi atualizada para conexão apenas de um cabo também.

Após implementação do dispositivo foi realizado a modificação na instrução de trabalho e do *layout* da linha conforme figura 31. Foi modificado o posicionamento e atividade do posto 22.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

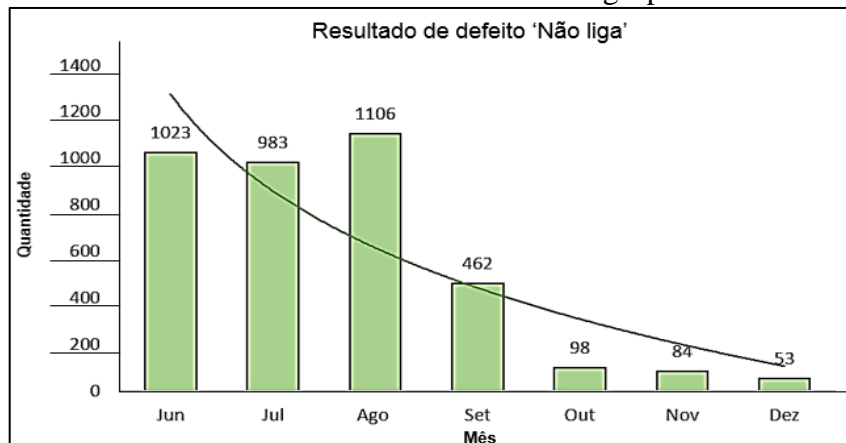
Figura 31: *Layout* do processo de teste de Qualidade após implementação de dispositivo.



Fonte: Próprio autor por meio do AutoCAD (2020)

Realizando o monitoramento dos resultados dos defeitos ‘não liga’ isoladamente, foi possível verificar que durante o processo de implementação no mês de setembro, houve um decaimento no índice de defeito de 58% se comparado com o mês anterior. É possível verificar o progresso nos próximos três meses, resultado obtido em conjunto com outras ações de melhoria, conforme gráfico 4.

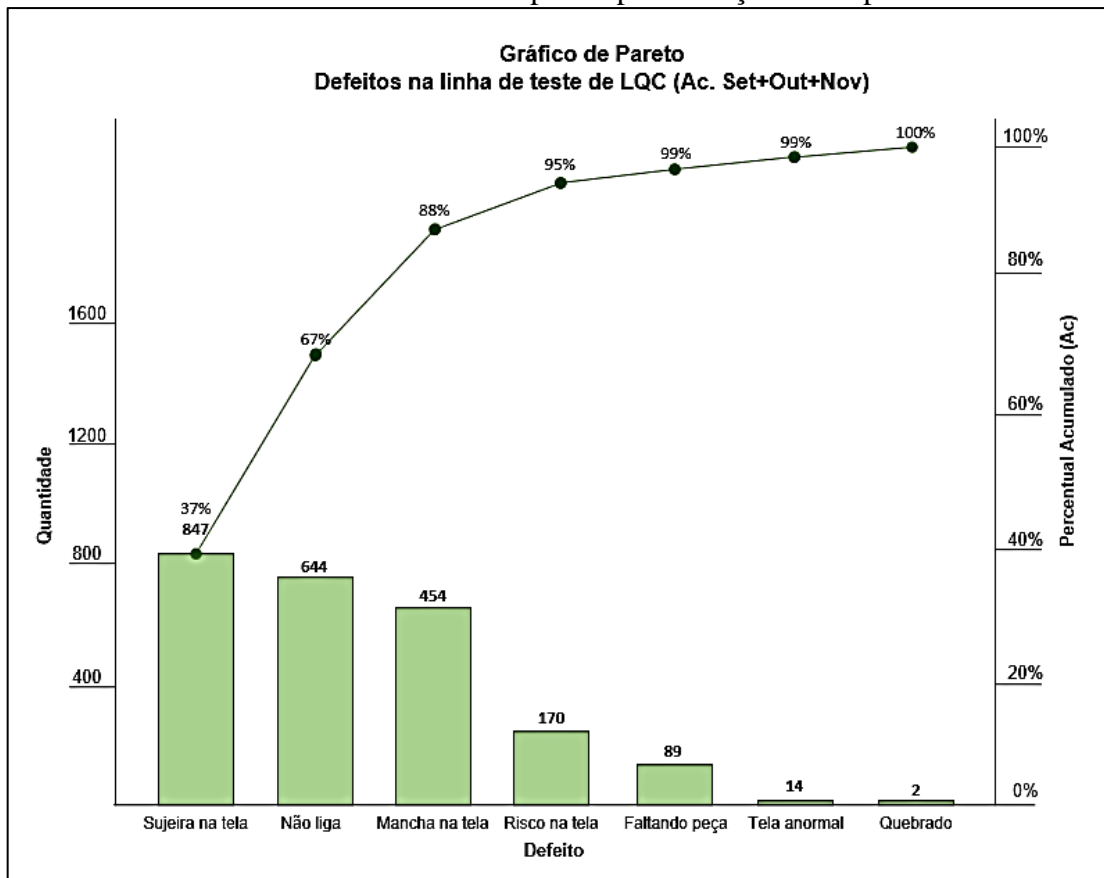
Gráfico 4: Resultado do defeito 'não liga' por mês.



Fonte: Sistema de monitoramento de defeitos Módulo LCD (2020)

Foi plotado o gráfico de Pareto dos defeitos de LQC para os próximos três meses após a implementação do dispositivo. É possível notar, segundo o gráfico 5, que o defeito ‘não liga’ passou para segundo defeito mais recorrente, representando 30% do geral de defeitos do processo e resultando em uma redução de 37% ao comparar com o resultado do gráfico 3. Logo, ao analisar isoladamente o defeito, verificou-se que foi possível atingir a meta estipulada inicialmente que era de alcançar 35% de redução.

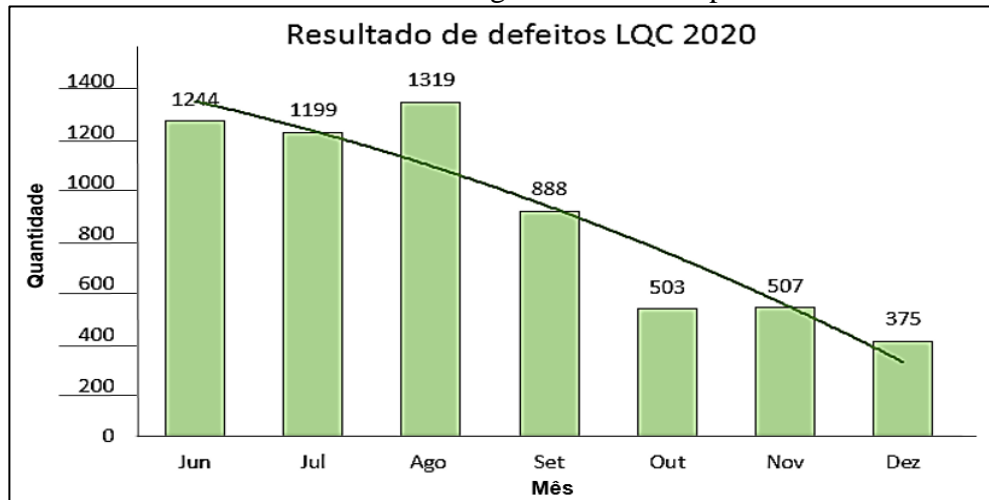
Gráfico 5: Pareto de defeitos após implementação do dispositivo.



Fonte: Sistema de monitoramento de defeitos Módulo LCD (Nov/2020)

Ao verificar o resultado geral de defeitos, foi possível obter o gráfico 6, a visualização mais ampla, onde inicialmente nota-se claramente o decaimento no índice de defeitos. Foi realizado a comparação do resultado acumulado de três meses anteriores e depois à implementação da melhoria, é possível obter uma redução que confirma o atingimento da meta estipulada inicialmente. No gráfico 5 visualizou-se 37% de redução, que foi obtida através das ações tomadas neste e outros trabalhos executadas paralelamente. O que, em conjunto, contribuíram para o atingimento da meta estipulada inicialmente.

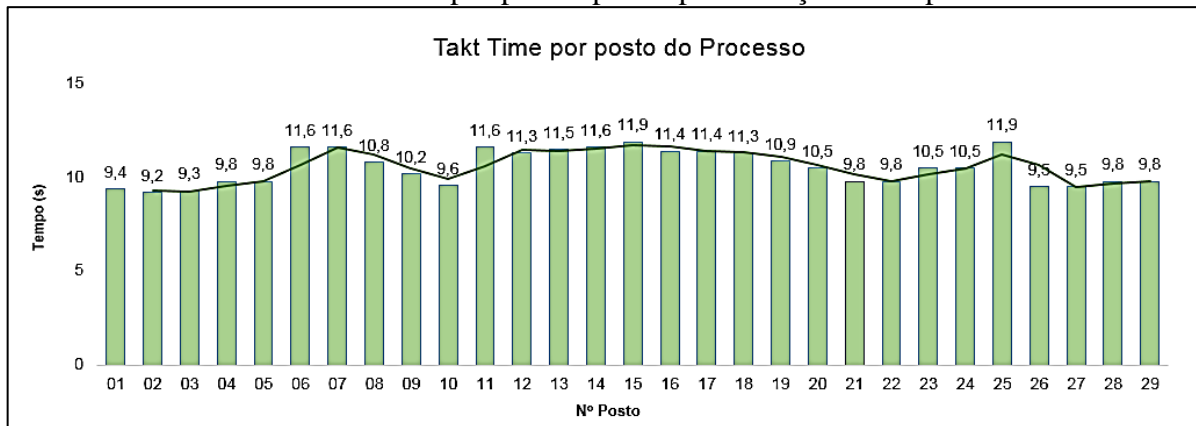
Gráfico 6: Resultado geral de defeitos por mês.



Fonte: Sistema de monitoramento de defeitos Módulo LCD (2020)

Logo após implementação do dispositivo na linha de produção, foi realizado a medição de *Takt Time* dos postos e a Cronoanálise novamente, e foi possível obter o resultado do gráfico a seguir:

Gráfico 7: *Takt Time* por posto após implementação do dispositivo.



Fonte: *Line Ballance* Módulo LCD (Dez/2020)

No gráfico de *Takt Time* acima é possível notar uma melhora no balanceamento de tempo do processo. O posto 22 que possuía o maior tempo de 14,1 segundos passa a ter 9,8 segundos de *Takt Time*, deixando de ser o gargalo da linha de produção. Com isso, o processo passa a ter dois gargalos, postos 15 e 25 com 11,9 segundos, o que limita a capacidade máxima do processo em 302 U.P.H.

Como resultado, teve-se um aumento de 18,4% na capacidade máxima de produção passando de 255 U.P.H. para 302 U.P.H.

Esses resultados foram obtidos por meio de estudo e análise do processo, com base nisso foi construído um dispositivo constituído basicamente por uma placa de teclado e dois reles. Uma solução simples para problemas que impactavam diariamente nos resultados de um processo. Foram necessários conhecimentos básicos de eletrônica, informática e automação, os quais estão na grade curricular para formação no curso de Engenharia Mecânica.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi possível visualizar a importância de um profissional em Engenharia Mecânica no campo prático. A importância de um profissional atuando no estudo, quantização dos resultados do processo e realização de análises dos problemas. E, além disso, analisar possíveis soluções e determinar qual a solução mais vantajosa. Uma possível solução para o problema apresentado no trabalho foi o aumento de mão de obra, solução o qual é sugerida pela maioria, no entanto, o profissional da Engenharia deve ter o conhecimento e a capacidade para identificar o problema e com isso visualizar oportunidades a partir de soluções simples, como a apresentada neste trabalho, o qual foi identificado problema de volume alto de produtos direcionados para reparo e, a partir disso iniciado o estudo da causa para redução do problema, onde, a solução obteve a redução de 37% de defeitos e também um aumento de 18,4% na capacidade de produção, realizadas sem aumento de mão de obra.

Visto isso, espera-se que este trabalho contribua para mostrar que grandes melhorias de processo podem ser realizadas com ideias simples e que não necessitam elevados custo para execução.

Baseado nos resultados obtidos neste trabalho, seguem algumas sugestões para trabalhos futuros para uma investigação mais aprofundada nas ferramentas da qualidade como PDCA e MASP para redução de perdas e aumento da eficiência produtiva, bem como utilização das outras ferramentas complementares da qualidade, como 5W2H, FTA, FMEA, GUT para comparação de resultados. Outra sugestão interessante seria a análise de viabilidade de implantação da melhoria executado na plataforma Arduino, ao invés de utilizar o CLP (Controlador Lógico Programável).

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALMEIDA, M.R. ; MARIANO, E.B. ; REBELATTO, D.A.N. **Análise Por Envoltória De Dados - Evolução E Possibilidades De Aplicação**. In: IX SIMPOI - Simpósio de Administração de Produção, Logística e Operações Internacionais, São Paulo, Anais, 2006.

ANDRADE, Willian Jeferson. **Aplicação Industrial de Controladores Lógicos Programáveis, Interfaces Homem Máquina e Computadores Industriais Bosch Rexroth**. Monografia (Especialização em Automação Industrial) – Programa de Pós-Graduação, Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba: UTFPR, 2013.

ANTUNES, Junico et al. **Sistemas de Produção: conceitos e práticas para projeto e gestão de produção enxuta**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

ARIOLI, Edir Edemir. **Análise e solução de problemas: o método da qualidade total com dinâmica de grupo**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

BALLESTERO-ALVAREZ, Maria Esmeralda. **Gestão de qualidade, produção e operações**. São Paulo: Atlas, 2010.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Gerenciamento pelas Diretrizes**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviço Ltda, 2004.

CARDOSO (2017) – Ciclo PDCA, 2017, (Consultado em 20/11/2020, <https://medium.com/@CrysFaby/ciclo-pdca-f0d37bc260e2>.

CORREA, Henrique L.; GIANESI, Irineu G.N. **Just in time, MRP II E OPT: Um enfoque estratégico**. São Paulo: Atlas, 1996.

CAMPOS, Vicente Falconi. **TQC: controle da qualidade total (no estilo japonês)**. Belo Horizonte: DG, 1999.

FARIAS, Tamires Severo. **Eficiência operacional e os sete desperdícios do sistema Toyota: Estudo de caso de uma indústria de embutidos**. 2018. 60 f. TCC (Graduação) – Bacharel em Administração, Universidade de Passo Fundo, Sarandi, 2018.

FILHO, Moacyr Paranhos. **Gestão da Produção Industrial**. Editora IBPX: 2007. Disponível em <[http://books.google.com.br/books?id=o0tfS8k\\_FgMC&pg=PA114&dq=ciclo+pdca&hl=pt-PT&sa=X&ei=Kp6uUbD5Moz88QTn0YCgDg&ved=0CFAQ6AEwBg#v=onepage&q=ciclo%20pdca&f=false](http://books.google.com.br/books?id=o0tfS8k_FgMC&pg=PA114&dq=ciclo+pdca&hl=pt-PT&sa=X&ei=Kp6uUbD5Moz88QTn0YCgDg&ved=0CFAQ6AEwBg#v=onepage&q=ciclo%20pdca&f=false)> Acesso em: 08 nov. 2021.

FURLANI, Kleber. **Estudos de Tempos e Métodos**. Disponível em: Acesso em: 02 fev. 2021.

GHINATO, Paulo. **Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente just-in-time: automação e zero defeitos**. Caxias do Sul: EDUCS, 1996.

HANSEN, Robert C. **Eficiência global dos equipamentos: uma poderosa ferramenta de produção e manutenção para o aumento dos lucros**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

HOUAISS, A. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**. São Paulo: Objetiva, 2001.

JOHANSSON, Charles Natan Dinarel. **Gestão da Produção Industrial: Sistematização da Produção Industrial**. TCC (Graduação) - Bacharel de Administração, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Panambi, 2015.

KASSAI, S. **Utilização da Análise por Envoltórias de Dados (Dea) Na Análise de Demonstrações Contábeis**. Tese(doutorado) Faculdade de Economia e Arquitetura - FEA - da USP. São Paulo, 2002

KOZYREFF FILHO, E.; MILIONI, A. Z. **Um método para estimativa de metas DEA**. Revista Produção. v. 14,n. 2, 2004.

LUPPI, Denise e ROCHA, Renata Araújo. SEBRAE. **Praticando Qualidade**. 2 ed. 1998.

MARTINS, P.G.; LAUGENI, F.P. **Administração da Produção**. São Paulo: Saraiva, 2005.

MELLO J. C. B. S. et. al. **Curso de Análise de Envoltória de Dados**. In: XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional – SBPO, Gramado, Anais, 2005.

MEIRELES, Manuel. **Ferramentas administrativas para identificar, observar e analisar problemas: organizações com foco no cliente**. São Paulo: Arte e Ciência, 2001.

NEGREIROS, Raquel Ferreira de; LIMA, Roberta Nayhane de. **Projeto de Engenharia de Métodos Numa Fábrica de Sorvetes**. Seprone – Simpósio de Engenharia de Produção da Região Nordeste, v. 01, p.1 – 11, 2011.

OHNO, Taiichi. **O sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala**. Tradução por Cristina Schumacher. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

PLENTZ, Marcelo. **ESTUDO DE CASO PARA MELHORIA DE EFICIÊNCIA PRODUTIVA. DE LINHA DE PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS**. 2013. 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2013.

PAULUS, P. B.; DZINDOLET, M. T. **Social Influence Processes in Group Brainstorming**. Journal of Personality and Social Psychology, v. 64, n. 4, p. 575-586, 1993.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.

ROTONDARO, Roberto G (Coord.). **Seis sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços**. São Paulo: Atlas, 2002.

SHINGO, Shigeo. **Sistemas de Produção com Estoque Zero: Do ponto de vista da engenharia de produção**. Tradução por Lia Weber Mendes.2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SILVA, Leonardo David de Mattos. **Redução de Custos de Produção na Indústria Automotiva por Meio de Kaizen Identificando no Mapeamento do Fluxo de Valor.** 2016. 61 f. TCC (Graduação) –Bacharel em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.

SATURARI, Raul. Brainstorming, 2010. Disponível em: <<http://diegopiovesan.files.wordpress.com/2010/07/brainstorming.pdf>>. Acesso em: 05 fev. 2021.

VIVIANE, Tavares(2006). **Caracterização e Processamento de Telas de Cristal Líquido Visando a Reciclagem.** Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais. São Paulo, 2006.