



**INSTITUTO  
FEDERAL**

Amazonas

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO  
AMAZONAS - IFAM**

**CAMPUS MANAUS CENTRO**

**CURSO SUPERIOR EM TECNOLOGIA ELETRÔNICA INDUSTRIAL**

**CARLOS WANDEL TRINDADE DE VASCONCELOS**

**APLICAÇÃO DA FERRAMENTA DIAGRAMA DE ISHIKAWA EM UM  
PROCESSO DE SMT (SURFACE MOUNT TECHNOLOGY)**

**MANAUS – AM  
2021**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO  
AMAZONAS - IFAM  
CAMPUS MANAUS CENTRO  
CURSO SUPERIOR EM TECNOLOGIA ELETRÔNICA INDUSTRIAL**

**CARLOS WANDEL TRINDADE DE VASCONCELOS**

**APLICAÇÃO DA FERRAMENTA DIAGRAMA DE ISHIKAWA EM UM  
PROCESSO DE SMT (SURFACE MOUNT TECHNOLOGY)**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à coordenação do curso superior em Tecnologia Eletrônica Industrial do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, como requisito parcial para a obtenção de título de Tecnólogo Eletrônico Industrial.

Orientador: MSc. Giskele Luz Rafael

**MANAUS- AM  
2021**

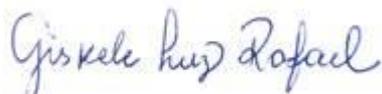
**CARLOS WANDEL TRINDADE DE VASCONCELOS**

**APLICAÇÃO DA FERRAMENTA DIAGRAMA DE ISHIKAWA EM UM  
PROCESSO DE SMT (SURFACE MOUNT TECHNOLOGY)**

Trabalho de Conclusão de Curso  
submetido à coordenação do curso de  
Tecnologia Eletrônica Industrial do  
Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Amazonas, como requisito  
parcial para a obtenção de título de  
Tecnólogo Eletrônico Industrial.  
Orientadora: MSc. Giskele Luz Rafael

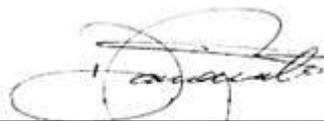
Aprovado em 13 de Abril de 2021

**BANCA EXAMINADORA**



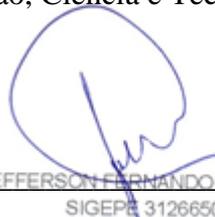
---

Prof. MSc. Giskele Luz Rafael  
Orientador (a)  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM)



---

Prof. Dr. Daniel Nascimento e Silva  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM)



JEFFERSON FERNANDO DA SILVA  
SIGEP 3126650

---

Prof. Esp. Jefferson Fernando da Silva  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM)

**MANAUS – AM  
2021**

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

V331a Vasconcelos, Carlos Wandel Trindade de.

Aplicação da ferramenta diagrama de ISHIKAWA em um processo de smt (surface mount technology). / Lucas Jorhan Nishimura. – Manaus, 2021.

35f. ; il. color.

TCC (Graduação em Tecnologia Eletrônica Industrial) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Distrito Industrial, 2021.

Orientador: Profa. MSc. Giskele Luz Rafael

1. Diagrama de Ishikawa. 2. Processo de produção. 3. Não conformidades. 4. Produção. I. Rafael, Giskele Luz (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.

CDD 621.381

---

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar a Deus criador do céu e da Terra que provê tudo aquilo que é necessário para todos nós.

Aos meus pais José Carlos e Michele Trindade que me motivaram a estudar e inseriram na minha pessoa que somente o estudo pode mudar nossas vidas e que tudo se pode ficar sem, mas com ele você cresce e constrói tudo de novo.

E a todos meus familiares que sempre acreditaram em mim e torciam com minhas conquistas.

Ao IFAM onde pude aprimorar e me encher de conhecimento, aos amigos de TEI de 2013 e 2014 que viemos nesta batalha sempre juntos.

À empresa estudada onde integro o corpo técnico de desenvolvimento e implantação de novos produtos e todos os seus profissionais, que permitiram a realização deste projeto, compartilhando toda sua experiência no ramo da indústria eletroeletrônica.

À minha companheira Valéria Pessoa que está diariamente ao meu lado motivando e tem sido meu alicerce, me apoiando nos momentos mais necessários e impulsionou muito a concretização deste estudo. E por fim ao meu filho Henry Vasconcelos que está no ventre de sua mãe sendo preparado para vir ao mundo.

# Aplicação da ferramenta Diagrama de Ishikawa em um processo de SMT (Surface Mount Technology)

Carlos Wandel Trindade de Vasconcelos<sup>1</sup>

2

## RESUMO

A partir da mudança física dos componentes, surgiu a necessidade de novas ferramentas tanto para montagem como para retrabalhos em placas que possuem componentes de SMT (Surface Mount Technology). No SMT os terminais não atravessam a placa, possuem formatos que permitem que estes sejam soldados na superfície da mesma, um dos lados da placa fica sem utilidade. Devido a esse fator foi iniciado esta pesquisa que teve como objetivo geral aplicar a ferramenta Diagrama de Ishikawa em um processo de SMT para apontar o número de não conformidades no processo de soldagem de uma linha de produção, de um determinado produto do segmento de receptor de TV digital de uma indústria eletroeletrônica do polo industrial de Manaus. A fim de alcançar esse objetivo macro, engendraram-se como objetivos específicos: (1) apresentar o processo de montagem e soldagem em SMT; (2) descrever os tipos de montagem, placas e circuitos impressos e (3) identificar os benefícios do Diagrama de Ishikawa para o processo de qualidade. A metodologia utilizada para este estudo é classificada de acordo com a natureza, como pesquisa qualitativa, de finalidade descritiva e exploratória, a partir da realização de uma pesquisa em campo, utilizando como técnica de coleta de dados, um estudo de caso, a partir de observações, dados de documentações e registros fotográficos em uma indústria eletroeletrônica localizada no polo industrial de Manaus. Como resultados afirma-se que, através da aplicação da ferramenta Diagrama de Ishikawa, pode-se identificar onde ocorrem perdas nos processos produtivos da indústria eletroeletrônica, a partir dos pontos específicos da linha de produção, permitindo sugerir um plano de ação para solucionar falhas responsáveis pelas não-conformidades nos processos de soldagens de placas de SMT, elevando a produtividade. Conclui-se que essa metodologia é um método administrativo que auxilia na resolução, mapeamento das dificuldades, atua como ferramenta de identificação de maneira assertiva garantindo a melhor confiabilidade das operações e dos processos de produção.

**Palavras-chave:** Diagrama de Ishikawa. Processo de Produção. Não conformidades. Produção.

## ABSTRACT

From the physical change of components, the need arose for new tools both for assembly and for reworking plates that have SMT components (Surface Mount Technology). In SMT the terminals do not cross the plate, they have shapes that allow them to be welded on the surface of the plate, one side of the plate is useless. Due to this factor, this research was initiated, whose general objective was to apply the Ishikawa Diagram tool in an SMT process to point out the number of non-conformities in the welding process of a production

---

<sup>1</sup> Aluno tecnólogo em Eletrônica Industrial

<sup>2</sup> Professora orientadora da pesquisa.

line, of a particular product in the receiver segment. Digital TV from an electronics industry in the Manaus SCP industrial hub. In order to achieve this macro objective, specific objectives were created: (1) to present the SMT assembly and welding process; (2) describe the types of assembly, boards and printed circuits and (3) identify the benefits of the Ishikawa Diagram for the quality process. The methodology used for this study, is classified according to nature, as qualitative research, of descriptive and exploratory purpose, from the realization of a field research, using as a data collection technique, a case study, from observations, documentation data and photographic records in an electronics industry located in the industrial pole of Manaus. As a result, it is stated that, through the application of the Ishikawa Diagram tool, it is possible to identify where losses occur in the production processes of the electronics industry, from the specific points of the production line, allowing to suggest an action plan to solve responsible failures due to non-conformities in SMT plate welding processes, increasing productivity. It is concluded that this methodology is an administrative method that assists in the resolution, mapping of difficulties, acts as an identification tool in an assertive manner, guaranteeing the best reliability of operations and production processes.

**Keywords:** Ishikawa diagram. Production process. Unconformities.

## 1 INTRODUÇÃO

As empresas e/ou indústrias para se tornarem competitivas e eficazes no mercado atual, precisavam de um bom controle dos seus processos produtivos, refletindo diretamente aos clientes, suas melhorias em qualidade, cumprimentos de prazos, custos, segurança e etc. Deste modo, utilizam a padronização e as transformações dos componentes (SCHUMACHER, 2000).

Nos últimos anos, o setor eletrônico tem se desenvolvido em virtude da evolução tecnológica, sendo assim, ocorreram transformações que facilitam o processo de produção dos produtos nas indústrias. Os componentes passam a obter formatos que os tornam mais fáceis de serem manuseados, os terminais passaram a ter furos metalizados, começando a serem dobrados para serem soldados na superfície das placas, dando início a denominada "Tecnologia de Montagem Superficial- SMT".

A sigla SMT é inicial em inglês das palavras "*Surface Mount Technology*". Este termo relaciona-se a tecnologia de fabricação (máquinas e dispositivos). As formas de componentes e aplicações estão ligadas as outras siglas como, SMD (*Surface Mount Device*) e SMC (*Surface Mount Component*), estes termos possuem pontos em comuns sobre a montagem de componentes em superfície (MELO; GUTIERREZ; 2001).

No método convencional, tem-se uma placa furada, trilhas ligando esses furos,

componentes com elevado espaçamento entre os terminais, que são longos o suficiente para atravessarem a placa e serem soldados do outro lado. Basicamente componentes de um lado e solda do outro, o que facilita os métodos de soldagem (solda a onda, por exemplo, ou solda com um ferro convencional).

No método SMT, a diferença mais aparente é o formato dos componentes e dos terminais, o material isolante nos componentes diminui drasticamente, como consequência reduz o tamanho dos mesmos. Isso não significa que a parte interna também possa ter diminuído, já que, a parte funcional de um componente eletrônico é pequena (BAPTISTA, 2000).

A miniaturização de equipamentos eletrônicos e a contínua busca por melhor qualidade e menores custos de produção, levam ao desenvolvimento de componentes montados em superfície, diretamente sobre a placa de circuito impresso ou sobre o painel em circuitos híbridos. Estes componentes miniaturizados foram projetados para serem manejados por máquinas automáticas de colocação e para soldagem com qualquer técnica moderna, como a solda por imersão, ou solda de refluxo.

Na indústria eletroeletrônica, a soldagem é um método de ligação de materiais conformes ou não de maneira duradoura, apoiada na dinâmica de forças em proporção atômicas similares às presentes no interior do material, é uma das maneiras mais eficientes de conexão permanente de componentes.

Em um estudo mais técnico e atribuindo-se à união de metais, Gunther (2016) afirma que soldagem é a tecnologia de união mais relevante entre metais, sendo responsável por parte da utilização de custos e recursos de produção. Keith (2011) também explícita que este método introduz um conceito que transforma toda a teoria da eletrônica em fator prático.

As placas de circuito impresso antes de serem testadas eram complementadas com gabinetes de plástico inferior, almofada térmica sobre o BGA, principal para dissipação de calor e por cima deste um dispositivo de alumínio preso por três parafusos para dissipação de calor em larga escala. O fator motivador desta investida de análise tem como objetivo prevenir e conter falhas progressivas no determinado produto da empresa, tendo em vista os altos índices de defeitos nos indicadores internos e externos do processo, além de evitar falhas em campo que trariam imensuráveis prejuízos à empresa haja vista também que o

produto foi desenvolvido por sua equipe de P&D sob custódia de especificações do cliente final.

O problema da pesquisa que norteou este estudo é: como a ferramenta Diagrama de Ishikawa contribui com a melhoria da qualidade no processo de soldagem de SMT de uma linha de receptor de TV digital (Set Top Box) de uma indústria de eletroeletrônicos.

O desenvolvimento da pesquisa deu-se pela necessidade de resolver uma determinada falha funcional com volume crescente de casos nos testes funcionais de produtos pós-montagem SMD. Estas falhas tinham comportamento intermitente, não realizando a correta inicialização do produto no primeiro posto de teste chamado DOCSIS Calibration, onde há o primeiro contato da PCI com a fonte de alimentação do produto.

A relevância desse estudo está em apresentar através de um estudo de caso, a necessidade da aplicação das ferramentas da qualidade no setor de produção de uma indústria do polo industrial. Através das ferramentas ciclo PDCA, Diagrama de Ishikawa, pode-se identificar onde ocorriam perdas de processos, falhas responsáveis pelas não-conformidades nos processos de soldagens de placas de SMT, permitindo sugerir um plano de ação para combater erros e elevar a produtividade.

Derivando da origem da finalização de desperdícios evidenciada no Sistema Toyota de Produção, “Realizar o correto da primeira vez”, que faz parte da política interna da empresa onde o estudo ocorreu, torna-se necessário à investigação dos processos de soldagem, na garantia da qualidade do produto, controle de custos e satisfação do cliente.

Deste modo, este estudo teve como objetivo geral aplicar a ferramenta Diagrama de Ishikawa em um processo de SMT para apontar o número de não conformidades no processo de soldagem de uma linha de produção, de um determinado produto do segmento de receptor de TV digital de uma indústria eletroeletrônica do polo industrial de Manaus SCP. A fim de alcançar esse objetivo macro, engendraram-se como objetivos específicos: (1) apresentar o processo de montagem e soldagem em SMT; (2) descrever os tipos de montagem, placas e circuitos impressos e (3) identificar os benefícios do Diagrama de Ishikawa para o processo de qualidade.

A pesquisa está estruturada da seguinte forma, o tópico 1 apresenta a revisão de literatura, apresentando alguns teóricos que dão ênfase a temática processo de soldagem em SMT e Ferramenta da Qualidade Diagrama de Ishikawa, o tópico 2 trata da metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho, o tópico 3 do estudo de caso realizado na

empresa do polo industrial de Manaus dos problemas identificados na fabricação de TVs, seguido dos resultados e discussões dos achados da pesquisa. Finalizando com as conclusões e recomendações para outras pesquisas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Processo de Montagem em Soldagem em SMT

Segundo Da Silva e Sampaio (2002) o processo de montagem (*Surface Mount Technology*-Tecnologia de montagem em superfície) SMT, é também familiar a SMD (*Surface Mount Device* – Dispositivo de Montagem Superfície). Neste avanço tecnológico, os componentes eletrônicos são montados sob a área de uma Placa de Circuito Impresso-PCB. Sobre os sofisticados aparelhos que antecedem a SMT, caracterizado como PTH (*Pin Through Hole*- por meio de pino e furo), os pinos ou terminais dos componentes eletrônicos são introduzidos de forma manual, e soldados lado a lado sob furos na placa de circuito impresso.

Figura 1- Placa de circuito com montagem through-hole



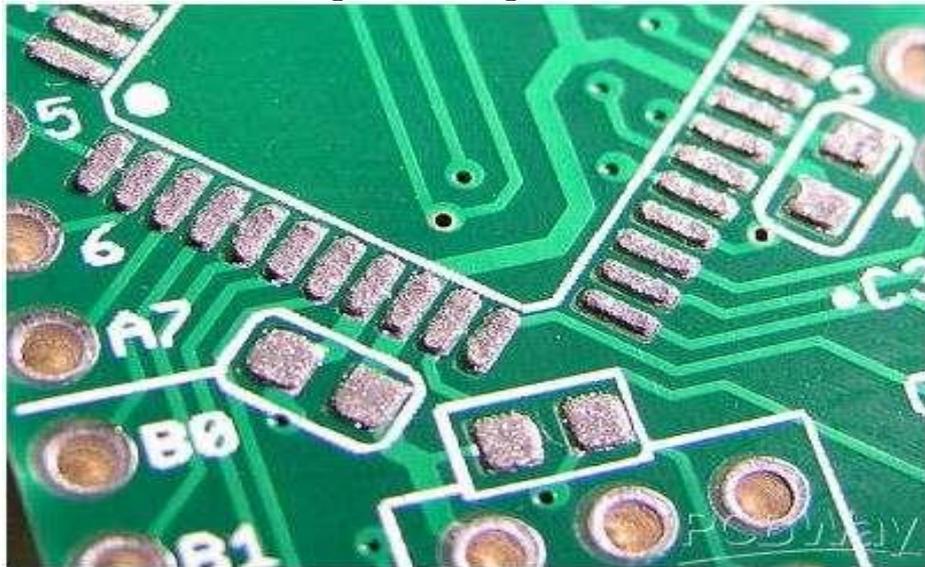
Fonte: pt.wikipedia.org (2020).

A solda dos componentes é desenvolvida através de uma máquina de onda, pelo qual a solda líquida passa a superfície inferior do circuito impresso. SMT e SMD possui uma facilidade para serem comparados e responsáveis por siglas bastantes semelhantes, mas na verdade, são dois componentes distintos do processo de montagem de circuitos impressos (BAPTISTA, 2000).

Na tecnologia SMT, geralmente são utilizadas máquinas insersoras de componentes (*pick and place, chip placer e large placer*) no período todo do processo de produção, a começar pela utilização da pasta de solda inclusive a montagem dos

componentes a fusão da pasta de solda, pois as peças de modo geral são pequenas, sensíveis e necessitam de grande precisão de montagem, carecem de um controle rigoroso dos parâmetros do processo (BROCHONSKI; CANDIDO, 1999), Como demonstra a Figura 2.

Figura 2- Soldagem SMT

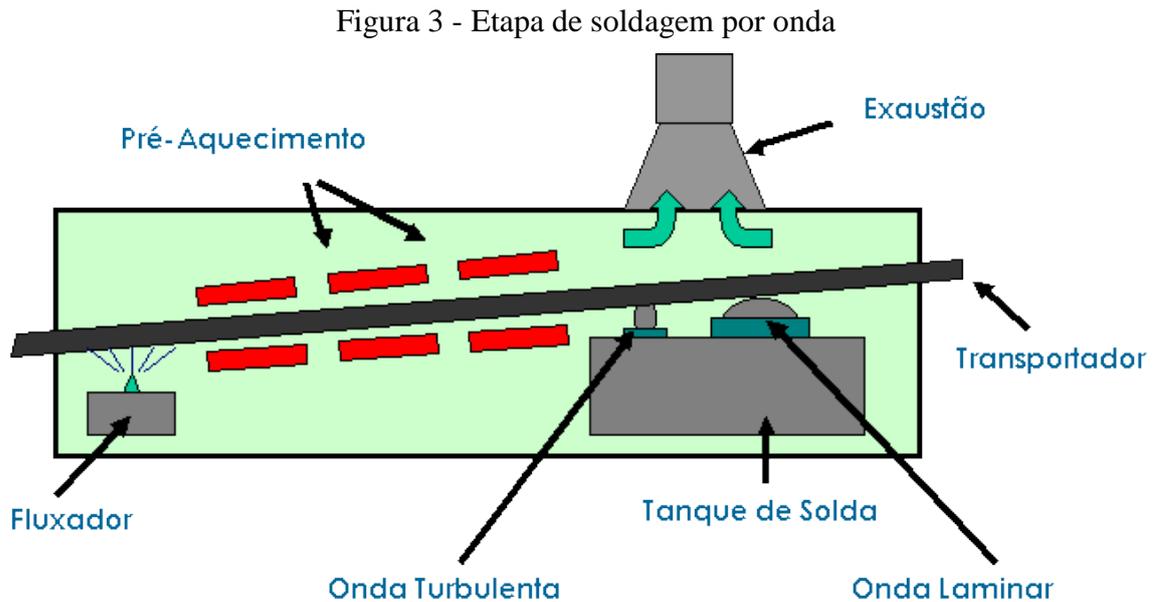


Fonte: smtech.com.br (2021).

Para Magazine e Polak (2002), a SMT exerce o método por meio do qual são montados componentes SMC (*Surface Mounted Components*) diretamente no exterior da placa de circuitos impressos (PCB), deixando o benefício para as duas partes. Componentes eletrônicos formulados são caracterizados como ferramentas de montagem superficial ou SMD (*Surface-Mount Devices*). Na indústria, tem transformado em alta categoria, a técnica de montagem *through-hole* nos quais os componentes são fixados através de terminais introduzidos em buracos da placa de circuito, dando acesso ao aproveitamento de somente uma mesma parte.

Um componente SMT é normalmente inferior ao seu proporcional *through-hole*, porque é dotado de terminais pequenos ou por vezes nem os possui. Os terminais bem como diferenciam de formato, podem possuir contatos chatos, matrizes de bolas de solda (BGAs) ou concluído no corpo do componente. A SMD Systems tenta constantemente usar a mais avançada tecnologia, apresenta três linhas de montagem SMT, com potência modernizada, para de forma rápida e eficiente, atender as solicitações de seus clientes (SMED et al., 2002).

Segundo Elbest (2004) uma linha de montagem SMD é desenvolvida principalmente por três fases. No período da primeira fase, é introduzida a pasta de solda ou adesivo no circuito, onde vão ser introduzidos os componentes SMD. Na fase seguinte, famosa como *pick and place*, os componentes são adicionados nas suas posições corretas antes de seguir para a última fase da linha de montagem, de acordo com Figura 3.



Fonte: dstools.com.br (2021).

No período da fase final do processo de montagem, os circuitos são adicionados em fornos de refluxos que criam calor suficiente para que a solda possa atingir o estado líquido e os substratos de maneira inalterável, finalizando esse processo de arrefecimento, os circuitos estão à disposição para serem utilizados. O tempo desse processo é totalmente controlado para que não ocorra riscos durante o procedimento (BENTZEN, 2004).

Cabe observar que na montagem de dispositivos eletrônicos por meio da tecnologia SMT, pode ser necessário a utilização de muitas máquinas de montagem, conhecidas como máquinas de composição SMT. A depender do mix de produtos a serem preparados e da variedade dos componentes eletrônicos usados no tempo da montagem, podem produzir de forma cooperativa. A manufatura exige máquinas sofisticadas para determinados tipos de componentes, desenvolvendo linhas de produção com alto grau de sofisticação e de custo alto (DA SILVA; SAMPAIO, 2002).

### 2.2.1 Processo de Printagem em SMT

O processo de printagem em SMT baseia-se na deposição da pasta de solda, na região exata dos terminais das peças soldadas na PCI, que fazem parte de específico circuito eletrônico. Este posicionamento é desenvolvido por programa de computador em ordenadas xyz. Por meio deste programa é produzido uma imagem para estampagem de um stencil em aço inox de maneira que os furos permaneçam na correta posição dos terminais. A pasta de solda somente poderá ser introduzida no local determinado de acordo com as Figuras 4 e 5.

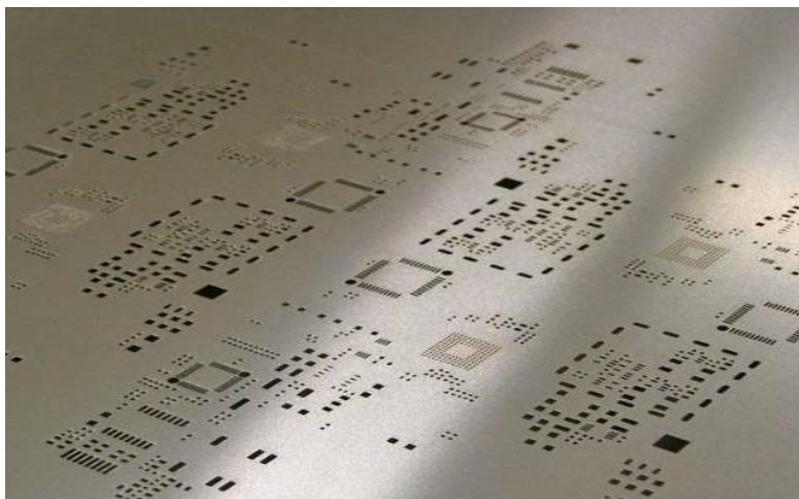
Todo esse processo gerenciado por um programa ordenado como demonstra Figura 6.

Figura 4 - Detalhes de um stencil em aço inox



Fonte: CALCOMP (2020).

Figura 5 - Stencil em aço inox



Fonte: CALCOMP (2020).



poder se referenciar é importante que a placa tenha “furos guias”, estes furos são situados geralmente próximo aos cantos da placa (BRINDLEY, 1990).

Desta forma, as máquinas que aplicam esse processo são capazes de introduzir automaticamente apenas os componentes PTH dos tipos axiais, radiais e CIs (DIP), logo que os demais tipos de componentes devem ser introduzidos de forma manual. É claro que ocorre na inserção manual a pré-formagem dos componentes, etapa em que os componentes são separados, dobrados e separados. Assim, segue a realização da inserção dos componentes na placa.

A inserção manual é fácil a erros, contudo, é recomendável usar máquinas de inserção semiautomática que orientam a posição e o sentido da montagem. Ainda, depois que todos os componentes serem introduzidos na placa, é realizada a soldagem por meio da máquina de solda por onda. Neste processo, a placa recebe os cuidados na transportação em uma esteira, passando tangencialmente em diversas cubas e por uma zona de pré-aquecimento (RABAK; SICHMAN, 2001).

A soldagem por onda existe há cerca de 50 anos e recebe diversos aprimoramentos, porém, a importância é a mesma. Existem diversos tipos de máquinas de solda por onda, porém os componentes importantes e os princípios destas máquinas são os mesmos, pois possuem uma importância elevada no processo. Uma máquina de solda por onda padrão consiste de três partes: soldagem, fluxagem e pré-aquecimento (SUNDAR *et al.*, 2014).

Esse processo precisa passar por inspeção por isso, são utilizados na linha de produção para ser observados se a placa de circuito impresso está de acordo com as especificações sugeridas. As definições das principais técnicas de inspeção e testes utilizados no processo de montagem de placas de circuito impresso determinam o produto, se o mesmo se encontra de acordo com as normas da qualidade adotadas (DORO, 2004).

Após realizar o processo de fabricação de placas de circuito impresso, são desenvolvidos os testes para identificar quais os possíveis defeitos existentes que não foram constatados na inspeção, prevenindo que um produto seja entregue com defeito ao cliente. Esses testes são realizados partir de métodos elétricos, para em seguida seguir para o processo de montagem (UHLMANN, 2015).

### 2.3 Tipos de montagem, placas e circuitos impressos

Os componentes serão montados no local determinado no projeto, submetendo-se as orientações de posição na PCI do tipo de projeto. O número de peças pode atingir milhares, desta maneira, para contribuir com o adequado posicionamento na placa, a exemplo da preparação do stencil, também são produzidos programas de computador, a partir das orientações xyz, que são liberados nas máquinas de inserção automática. A sequência de introdução dos componentes respeitará ao programa produzido na máquina inserora.

Os tipos de montagens requerem investimentos onde, além de profissionais com alta capacidade em evolução, necessita de equipamentos específicos para produção das placas eletrônicas. Existem diversas configurações possíveis para implementação de uma linha de montagem SMT, tanto no que se refere aos vários modelos de equipamentos quanto as diferentes configurações do processo (AGOSTINI, 2014).

De forma geral, é adotado uma nomenclatura para definir em duas metodologias, automática e semiautomática, ou ainda para médio a grande volume e para baixo volume respectivamente, onde o que difere uma da outra é a quantidade de equipamentos, qualidade, produtividade e preço. Já a linha de montagem semiautomática se chama linha com o volume baixo, representando a inserora de componentes (MEHL, 2014).

A linha de montagem automática é dita pela sua maior complexidade em relação a processos manuais. Envolve um grande número de módulos conectados, processos de soldagem, manipulação e inspeção, sendo, portanto, considerada crítica em cada etapa do processo. Uma linha de montagem automática é também conhecida como linha de médio ou alto volume, para tal, forma diversos equipamentos além dos já referidos nos detalhes da linha semiautomática (OLIVEIRA, 2009).

As placas de circuito impresso inicialmente foram confeccionadas em fenolite, que consiste em uma lâmina industrial formada com a mistura de resina fenólica com cargas de madeira ou serragem, pelos quais são compostas e prensadas a quente em forma de lâminas de diversas espessuras. Este material é bastante usado atualmente, por empresas fabricantes de transformadores, porém, em ambientes úmidos, para evitar descartes futuros sobre os produtos (MEHL, 2014).

As placas de circuito impresso de fibra de vidro começaram nos anos 60 após muitas pesquisas, na época foi desenvolvida a placa de circuito impresso de fibra de vidro, sendo até

hoje o modelo mais difundido a nível mundial. São produzidas com resina epóxi, com nome de tecido de fibra de vidro em seu interior, demonstra uma boa resistência mecânica a não absorção de água, bem como são resistentes ao fogo, determinando uma melhor qualidade ao produto (MELO; RIOS; GUTIERRES, 2001).

De certa maneira, esse método introduz uma definição que transforma todo o conceito da eletrônica em fator prático, assim, as placas de circuito impresso, do inglês *Printed Circuit Board (PCB)*, são revestidas com solda, como a maneira pelo qual os componentes são fisicamente conservados e soldados em seu circuito. No cenário processo de fabricação e industrialização de placas de circuitos eletrônicos, vários são os cuidados que devem ser seguidos no período da montagem, que envolve desde a seleção da matéria prima, dos insumos usados, suas peculiaridades e as características ambientais e de controle do sistema (KEITH, 2011).

Segundo Pereira (2017), os circuitos impressos, caracterizados pelas siglas PCB e PCBA, foram formulados em substituição às antigas pontes de terminais onde se fixavam os componentes eletrônicos, em montagem bastante reconhecida no jargão de eletrônica como montagem "aranha", devido a aparência final que ele apresentava, em especial onde tinham válvulas eletrônicas e seus múltiplos pinos terminais do soquete de fixação.

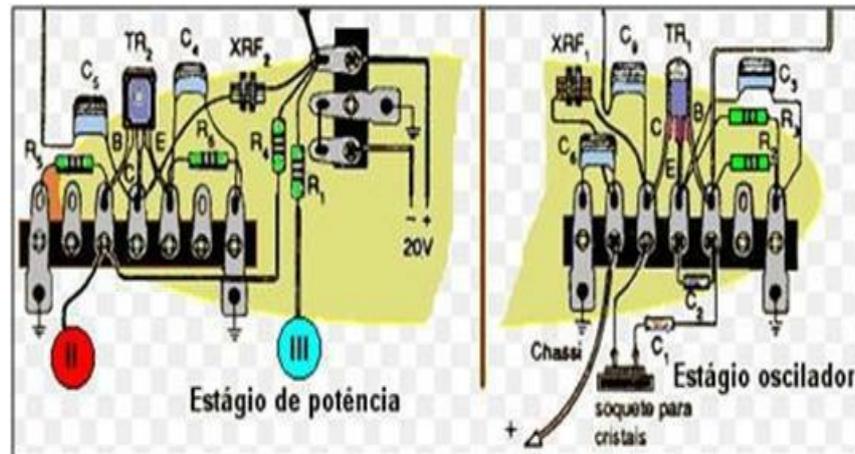
Os circuitos impressos eletricamente ligam componentes eletrônicos utilizando pads, trilhas, e outros gravados em folhas de cobre laminado em uma base não guia. O circuito impresso tem como objetivo mostrar uma placa isolante de fenolite, fibra de vidro, fibra de poliéster, filme de poliéster, filmes particulares à fundamento de muitos polímeros, etc., que constata a superfície com uma, duas ou mais faces, envolvidas por fina película de cobre, formando as trilhas condutoras (KHANDPUR, 2005). Como apresentam as Figuras 7 e 8.

Figura 7 – Circuitos eletrônicos montados em pontes de terminais



Fonte: INSTITUTO NEW BRAGA (2009).

Figura 8- Circuitos eletrônicos montados em pontes de terminais



Fonte: INSTITUTO NEW BRAGA (2009).

Um baixo circuito impresso possui um único componente utilizado para prototipagem, chamado de placa de *breakout*. Os circuitos impressos contêm fio revestimentos e criação ponto a ponto e são utilizados em quase todos os produtos eletrônicos. Eles exigem um esforço no design adicional para firmar o circuito, mas a fabricação e a montagem seguem também um padrão de ser automatizado, e ainda são executadas de 4, 6, 8 ou mais faces condutoras, determinadas como "*Multilayers*" ou "Multicamadas (LIMA, 2017).

A Figura 9 vem apresentando uma placa de circuito impresso já montada com os componentes da fase SMD e, também, com os componentes maiores, que introduz a montagem manual.

Figura 9- Layout PCBA (placa montada).



Fonte: CALCOMP (2020).

### **3 FERRAMENTA DA QUALIDADE DIAGRAMA DE ISHIKAWA**

#### **3.1 Conceito de qualidade**

Segundo Marques (2006), os conceitos de qualidade podem ter múltiplas abordagens em suas diversas aplicabilidades dentro ou fora das empresas do ramo industrial. Cada autor no seu domínio de compreensão caracteriza qualidade à forma que atenda às suas aplicabilidades, haja vista a amplitude do termo em si Segundo o dicionário Aurélio, a palavra “qualidade” pode ser caracterizada fundamentalmente como atributo (bom ou mau), excepcional ou superioridade em relação a alguma coisa.

A evolução e qualidade vem auxiliando o homem desde os primórdios da humanidade, quando inseriu ao mesmo a ideologia de realizar o melhor, da maneira mais certa possível para satisfazer uma determinada necessidade. Uma situação que evidencia essas colocações é o código de Hamurabi, escrito por volta de 1780 a.C, que firmava que se um construtor construísse uma casa, e esta mostrasse falhas consequente de seus atos, e por algum motivo irrompesse e matasse o morador, neste caso, utilizando a posição de cliente, o arquiteto da moradia seria sacrificado (KING, 2004).

No percurso da história, os pensamentos e saberes de qualidade são subdivididos em fases da qualidade que mostram particularidades e preocupações básicas próprias que contemplam as necessidades de cada tempo: era da inspeção, era da administração estatística da qualidade, era da garantia da qualidade e era da gestão da qualidade total. Diante dessas colocações, é possível perceber aplicações dos conceitos de qualidade na arquitetura da Grécia, onde o modelo de suas construções possui detalhes sobre distintas complexidades, precisão e desenvolvimento padrão para o período (CARVALHO, 2002).

O princípio de gestão da qualidade é percebido como uma crença ou regra, que viabiliza à organização, um direcionamento para o aprimoramento contínuo, para atender as necessidades dos e clientes e das partes que possuem interesse. Desta forma, como meio de facilitar a implantação de sistemas de gestão da qualidade nas indústrias, a norma ISO 9001 apresenta oito princípios básicos que devem ser exercidos, principalmente pela a alta gerência, para que a empresa atenda aos requisitos determinados pela norma (MELLO, 2002).

Por toda essa dedicação realizada ao decorrer dos anos, a qualidade visa sempre o desenvolvimento de uma organização para que a mesma venha oferecer um atendimento satisfatório aos clientes, uma vez que, o sucesso organizacional está diretamente ligado a

percepção do cliente em relação ao produto entregue. Portanto, essas necessidades devem ser entendidas e atendidas, com prioridade necessária, dispondo de um processo específico, que seja capaz de direcionar os requisitos firmados pelo consumidor e, logo em diante mensurar a satisfação do cliente e aferir se as necessidades apontadas foram atendidas (FLORENCIO, 2010).

### **3.2 Objetivos das ferramentas da qualidade**

Segundo Corrêa e Corrêa (2012), definidas como metodologia, as ferramentas da qualidade contribuem a partir de importantes técnicas para a assistência de um programa de gerenciamento da qualidade. O uso das ferramentas da qualidade tem como objetivo primordial colaborar com os setores de gerenciamento das empresas na tomada de decisões, principalmente, com o desenvolvimento de estratégias para resolução de problemas e no aprimoramento frequente de processos e procedimentos.

A utilização das ferramentas contribui de forma positiva com a busca das causas que geram problemas, defeitos e não conformidades em processos dentro de uma organização. Uma vez que o motivo raiz de um problema é descoberto, é possível realizar ações para atacar a causa e impossibilitar que este mesmo defeito venha a ocorrer novamente (CARPINETTI, 2012).

Desta forma, as ferramentas da qualidade se distribuem em instrumentos que identificam sempre novas oportunidades de melhoria e colaborar na mensuração e apresentação de resultados dentro de uma empresa. Sendo assim, é possível destacar as sete ferramentas básicas da qualidade: Diagrama de causa e efeito, Fluxograma, Histograma, Diagrama de dispersão, Lista de verificação, Diagrama de Pareto e Gráfico de controle (BEHR *et al.*, 2008).

Segundo Carvalho *et al.* (2012), os objetivos da qualidade sempre visam sua função principal que é priorizar a eficiência e eficácia de um processo, usando ferramentas e métodos com intuito de se obter excelência nos resultados. Logo, a gestão da qualidade vem com um conjunto de intervenções, buscando a melhoria dos processos com objetivo de conquistar e manter clientes.

Algumas ferramentas utilizadas de forma conjunta são empregadas para visualizar, prever e propor soluções na gestão da qualidade. Podendo ser aplicadas em quaisquer

contextos, da forma correta com os dados reais, as ferramentas serão de grande utilidade para solucionar dificuldades encontradas na conclusão do eixo central e do projeto como um todo.

Sendo assim, as ferramentas da qualidade têm como objetivo desenvolver métodos para prevenção de causas, identificando tendências, através de comparação de padrões dos dados estatísticos, permitindo a busca de soluções para possíveis não conformidades. Por isso, as ferramentas costumam trabalhar com um único intuito, solucionar os problemas existentes (PEINADO; GRAEML, 2007).

### **3.3 Benefícios do diagrama de Ishikawa no processo de qualidade**

Conhecida como Diagrama de Ishikawa, essa ferramenta foi criada pelo engenheiro Kaoru Ishikawa, com o objetivo de expor como diversos fatores que relacionam um processo produtivo podem estar associados entre si, exercendo interferência um acerca dos outros. A aplicação desta ferramenta da qualidade possibilita a seus colaboradores, identificar com grande facilidade quais são as possíveis causas raízes, que estão gerando defeitos ou não conformidades em algum processo produtivo ou produto (TRIVELLATO, 2010).

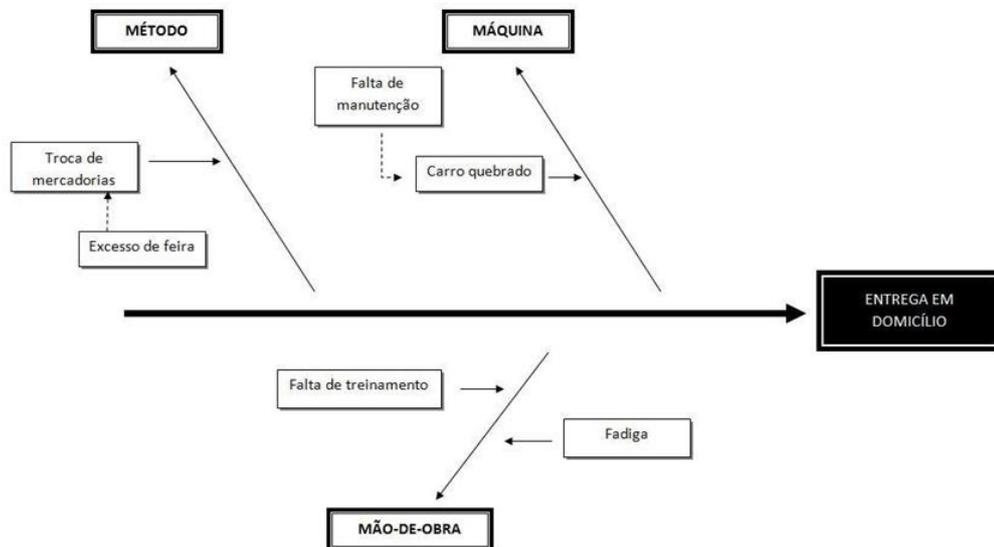
Segundo Werkema (2006), para que o uso desta ferramenta da qualidade alcance resultados satisfatórios, é essencial que o maior número de indivíduos envolvidos com o problema em questão esteja presente nas reuniões de elaboração. Com o objetivo de garantir informações que sejam absorvidas e adicionadas a metodologia da ferramenta, contribuindo assim, com o avanço de possíveis soluções para a correção destas falhas.

O Diagrama de Ishikawa tem como finalidade observar com mais profundidade o problema, promovendo benefícios satisfatórios. Problema esse que deve ser adicionado como a “cabeça do peixe”, e suas causas relacionadas, que seriam as espinhas do peixe, as subcausas são aplicadas ao longo das linhas que seriam as “espinhas do peixe”. Assim, essa é uma ferramenta gráfica utilizada para mostrar a relação entre causas e efeitos ou alguma característica de qualidade e os fatores envolvidos (BALLESTERO-ALVAREZ, 2010).

Nas empresas cada método ocasiona um efeito, que por sua vez, decorre de causas. Caso haja a necessidade de se investigar um efeito negativo para o processo, é fundamental levantar todas as causas que podem refletir neste efeito. Para que o processo alcance o resultado esperado, é necessário avaliar todos os procedimentos que o afetem, ações que são identificadas como itens de verificação que devem ser pesquisados para que tenham sua

qualidade garantida, permitindo assim, a qualidade do efeito (LUONGO, 2011). Na Figura 10 é apresentado o Diagrama de causa e efeito.

Figura 10- Diagrama de causa e efeito



Fonte: Manganote (2009).

É comprovado que o Diagrama Ishikawa é um método que oferece benefícios satisfatórios, visualizando a relação entre as causas e o efeito delas decorrentes no processo de produção. De certa forma, o resultado de interesse do processo gera um problema a ser solucionado, sua atuação apresenta uma guia que busca identificar a causa importante dos determinados problemas, e as medidas certas de correções que devem ser adotadas para solucioná-los (CARVALHO *et al.*, 2012).

O conceito do Diagrama Ishikawa traz uma melhor visão de um processo permite firmar sistematicamente cada um deles de forma separada. Portanto, as correções podem ser realizadas com objetivo de realizar um controle mais eficaz sobre o processo todo, além de controlar os processos menores, proporcionando localizar o problema com mais facilidade e agir totalmente sobre sua causa (SOUZA; MACHADO, 2011).

É por meio desta concepção, de documentar de forma minuciosa todos os processos e procedimentos, que se pode garantir a qualidade que se está propondo por meio das ferramentas da qualidade. Para garantir a qualidade do processo de placas de circuito

impresso, o desempenho deve ser voltado totalmente para a qualidade do produto, o valor agregado a esta categoria de produtos é extremamente alta. Por esse motivo, quando é solicitado uma ferramenta da qualidade tipo Diagrama de Ishikawa é justificado que, as metodologias e ferramentas são preparadas para auxiliar os processos produtivos deste segmento, com o objetivo de diminuir desperdícios e serviços de retrabalhos que promovam aumento nos custos de produção (TRIVELLATO, 2010).

### **3 METODOLOGIA**

Com a finalidade de orientar o estudo quanto aos procedimentos metodológicos essenciais, considera-se relevante a classificação de pesquisa apresentada por Vergara (2003), determinando as pesquisas quanto aos fins e aos meios.

No que se refere a tipologia da pesquisa utilizada, pode-se afirmar que a presente temática é de natureza aplicada, quanto a forma da abordagem do problema, a pesquisa foi considerada qualitativa, realizada através uma pesquisa realizada com fonte de informação que auxiliaram com conhecimentos mais aprofundados sobre o setor produtivo.

#### **3.1. Quanto aos fins**

A investigação tem caráter qualitativo exploratório. Primeiramente a metodologia de pesquisa foi inicialmente formada por uma revisão bibliográfica sobre a ferramenta da qualidade Diagrama de Ishikawa e SMT (SURFACE MOUNT TECHNOLOGY) como base para a temática. Dando continuidade na pesquisa em campo, a partir da coleta de dados que ocorreu por meio de observações diretas relacionadas ao processo, e na investigação de manuais e documentos internos da organização para a obtenção de informações

#### **3.2. Quanto aos meios**

Optou-se pela pesquisa de campo, a partir da realização de um estudo de caso. Segundo Miguel (2007), o estudo de caso pode ser compreendido como um estudo de natureza empírica e de abordagem qualitativa das informações de uma estrutura organizacional, ou seja, ele aborda o contexto histórico de um específico setor de uma empresa.

### 3.3 Local de estudo

A coleta de dados foi desenvolvida em uma indústria eletroeletrônica localizada no polo industrial de Manaus. Essa empresa foi inaugurada no Brasil em 2011, com a finalidade de elevar seus investimentos por meio da instalação de seu apoio de produção no Polo Industrial de Manaus, primeiramente começou sua produção direcionada para as placas-mãe e decodificadores para televisores.

### 3.4 Coleta de dados

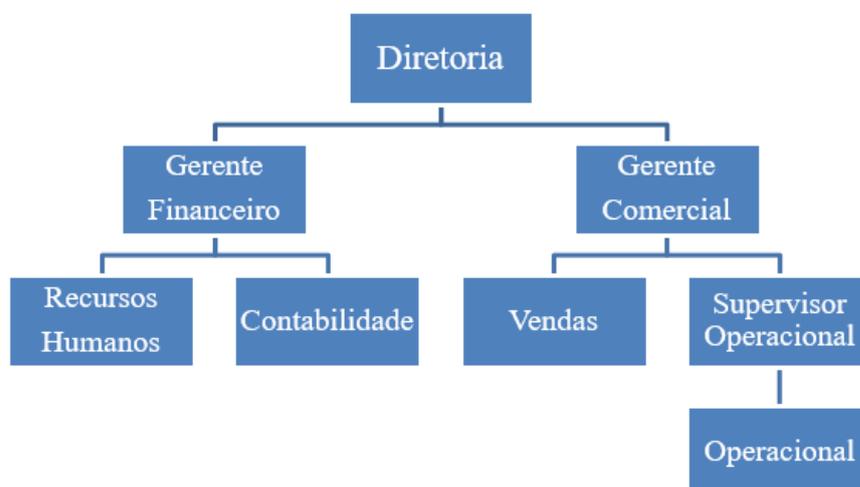
A coleta de dados ocorreu por meio de observações diretas com os relacionados no processo, e na investigação de manuais e documentos internos para a obtenção de informações. Com relação aos dados coletados, evidenciam-se na pesquisa as seguintes etapas: reunião de dados de documentações, registros fotográficos do objetivo do estudo, e observações em campo.

Deste modo, este estudo teve como objetivo geral aplicar a ferramenta Diagrama de Ishikawa em um processo de SMT para apontar o número de não conformidades no processo de soldagem de uma linha de produção, de um determinado produto do segmento de receptor de TV digital de uma indústria eletroeletrônica do polo industrial de Manaus.

### 3.4 Organograma

A empresa é de porte nominal grande, possui faturamento presumido de R\$ 300.000.001 A 700.000.000 por ano, com em média 501 a 100 funcionários.

Figura 11 - Organograma



Fonte: CALCOMP (2021).

### **3.5 Roteiro de Observação**

As observações, pesquisas críticas e registros, foram relacionados com a teoria analisada e os resultados identificados no decorrer do estudo, foram padronizados, partindo de: observações, análises práticas e levantamento de dados da empresa.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

As observações e o levantamento de dados na empresa foco da pesquisa, foram realizados durante dois dias. Os produtos são desenvolvidos a partir da tecnologia japonesa, que utiliza equipamentos de alta qualidade. A empresa atua na contínua modernização de sua produção buscando incessantemente se adequar as maiores exigências do mercado nacional e internacional.

Durante o processo produtivo são gerados custos adicionais com reparos, retrabalhos e scraps (sucatas) de placas de circuito impresso, em função da má soldagem dos componentes. As reclamações de campo dos produtos com defeito ou má funcionalidade também geram altos custos de correção e uma imensurável insatisfação do cliente final.

O estudo de caso aqui apresentado tem o objetivo de identificar a causa raiz das falhas e suas consequências, tanto ao processo quanto no custo total do produto. Inicialmente, discorrer-se-á sobre o custo da qualidade ou, como é chamado em alguns sistemas de gerenciamento, o custo da má qualidade (Cost of Poor Quality - COPQ), como mostra na Tabela -1.

Slack et al. (1996), subdivide este custo em categorias, que são: custo de prevenção e custo de avaliação - relacionados a atividades que visam prevenir a ocorrência de erros, atuando na antecipação e monitoramento do processo - e custos de falhas internas e falhas externas - relacionados aos custos sobre erros já ocorridos e que, portanto caracterizam, de certa forma, um mau investimento nos custos de controle. Vale ressaltar que esses grupos são inversamente proporcionais, ou seja, quanto mais se investe em prevenção e controle, menos ocorrem falhas no processo produtivo. Certamente que a boa gestão desses custos implica em um aumento de produtividade e ganhos relativos no mesmo tempo em que se nota o aumento da qualidade e na prevenção de futuros erros.

Tabela 1- Custos de qualidade.

Custos de Controle	Custos de Prevenção
	Custos de Avaliação
Custos das Falhas dos Controles	Custos da Falhas Internas
	Custos das Falhas Externas

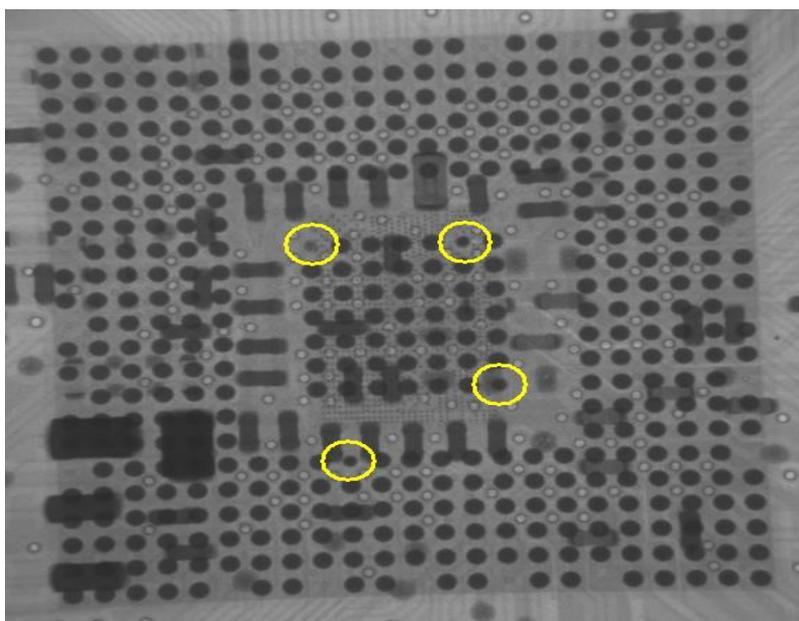
Fonte: Robles (1996).

Foram identificados os seguintes efeitos do problema em questão:

- Reclamação do cliente: não tem sinal de vídeo na porta de saída HDMI;
- Quantidade de falhas encontradas: 525;
- Quantidade produzida: 1500 máquinas;
- Índice de defeito: 35%;
- Tamanho do lote de placas em estoque para revisão: 1000;
- Quantidade de falhas encontradas após revisão: 25;
- Índice de falhas após revisão: 2,5%.

Após investigação, aplicando-se a ferramenta da qualidade 6Ms, foi detectada insuficiência de solda nos pads de solda do BGA UM101. A Figura 12, abaixo, mostra que não ocorreu deposição de solda suficiente no pad da PCI.

Figura 12- Insuficiência de solda

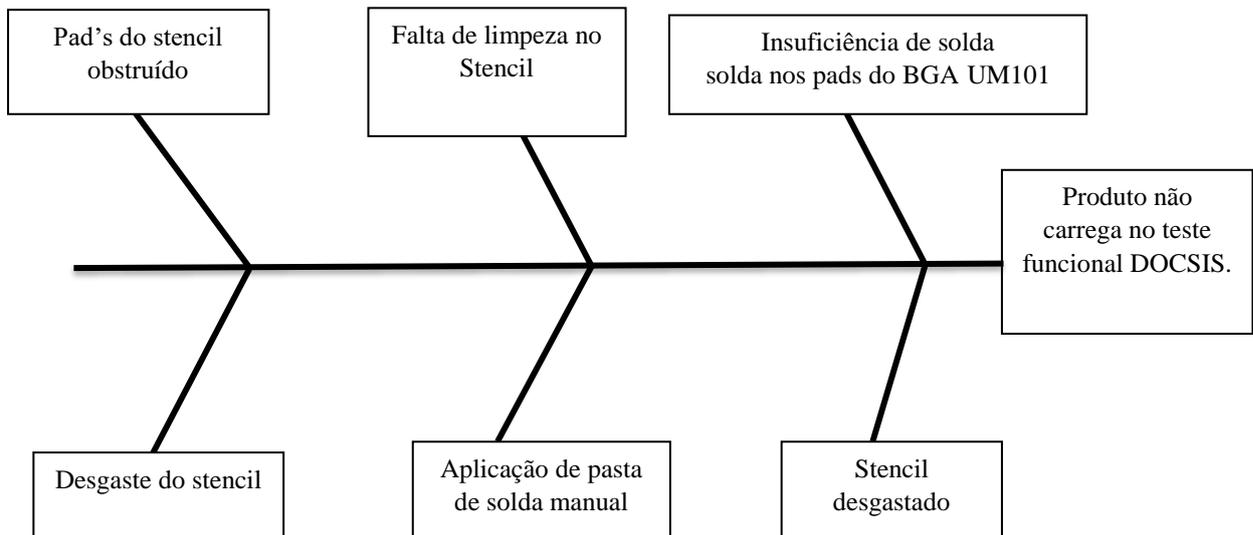


Fonte: Relatório de Análise de Falha CQ.

#### 4.1 Diagrama de Causa e Efeito (Problemas)

Foi utilizado o Diagrama de Causa e Efeito para levantar os motivos potenciais e possíveis que resultaram no alto índice de defeito nas placas do processo de SMD. A Figura-13 a seguir apresenta os estudos realizados com as causas raízes. Entre os potenciais analisados, foram identificados os principais que atingem diretamente a capacidade do processo de montagem do SMD, entre eles, estão: falta de limpeza do stencil, pad's do stencil obstruído, insuficiência de solda, desgaste do stencil, stencil desgastado, aplicação de pasta de solda manual.

Figura 13- Diagrama de Causa e Efeito – Falta de solda

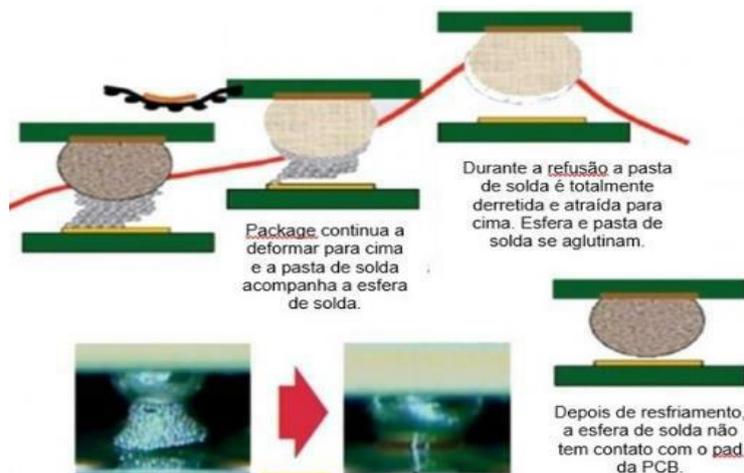


Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2021).

A causa raiz deste problema estava relacionada ao processo de limpeza do stencil. Detritos ou sujeiras da pasta de solda que podem concentrar-se nos furos do stencil resultam em contínuos problemas deste tipo. O procedimento para prevenir e evitar a reincidência deste tipo de falha é a introdução de um sistema de limpeza eficiente dos stencils empregados no processo.

É identificado na Figura-14 que a pasta de solda incluída em pouca quantidade acontece devido ao problema no stencil, não permitindo a conexão entre o ball do componente ao pad da PCB.

Figura 14- Ausência de contato entre pad e ball do componente



Fonte: CALCOMP (2020).

Mesmo que as modernas máquinas de printagem de pasta de solda já tenham um sistema automático de limpeza para administrar este problema de processo, é relevante a adoção de controles mais eficazes. Deste modo, diversos equipamentos são incluídos neste processo para assegurar uma total prevenção e limpeza deste tipo de falha.

#### 4.2 Proposta de Melhoria

A proposta de ação para solucionar as falhas existentes, segue a partir da realização da limpeza no stencil utilizando os seguintes equipamentos:

**Spray:** utilizar uma camada em todo o stencil para limpar com uma toalha de papel;

**Limpeza Automática por Ultrassom:** o stencil é concentrado dentro de uma máquina com um tanque o qual está habilitado com água e detergente compenetrado. A operação é automática, tempo equivalente de limpeza de dois minutos e necessita apenas de um operador para introdução e extração do stencil. Este é um processo de limpeza totalmente eficaz. Processo este foi introduzido na organização após a pesquisa.

**Limpeza por Ultrassom com equipamento manual:** operação simples, limpeza rápida e eficaz. O ultrassom é definido pela excelência com que lança os resíduos de pasta de solda ou adesivo do stencil, somente introduzindo um líquido de limpeza (álcool isopropílico), movendo levemente o transdutor de ultrassom frente ao stencil.

Nessa pesquisa, a empresa fabricante já possui um método de limpeza manual. No entanto, foi essencial analisar todo o método de limpeza: período, manutenção do

equipamento, análise e controle da vida útil do stencil. Foi identificado a necessidade de capital para mecanizar o processo, realizando a limpeza por meio de um equipamento específico, de acordo com a Figura 15 e 16. O investimento na introdução deste tipo de equipamento de limpeza e os controles de processo são componentes de prevenção para reduzir o custo da falta de qualidade. Consequentemente serão evitados custos com análise, inspeção de lotes, retrabalhos e a insatisfação do cliente final devido as dificuldades no processo de fabricação do PCBA.

Figura 15 – Controle de Limpeza de Stencil

**STENCIL CONTROL by LINE**

CFM EMP#  LINE NO#  I/O OUTPUT

**In Process**

MODEL#	STENCIL NO	START DATE

**Out Process**

OPTION#	STENCIL NO	STOP DATE
CLEANING	H137	10-JUL-2020 11:28:32
TARGET#	T252	10-JUL-2020 12:19:14
0	H131	10-JUL-2020 12:38:31
	H140	10-JUL-2020 12:42:54

**Filter**

Model  Line  Stencil No

**General List**

Model	Prod Type	Line No	Stencil No	Start Date	Output Total	Output	Cur Printed	Stop Date	Status	Uid1
RST441C	SMT-MB/T	04	T273	08/07/2020 09:27:53	950	950	6030	08/07/2020 13:04:47	USED	B3H2812
RST441C	SMT-MB/T	04	T278	07/07/2020 15:53:41	1772	1772	3373	07/07/2020 22:53:24	USED	B3H2812
RST441C	SMT-MB/T	04	T279	07/07/2020 10:08:30	760	760	3463	07/07/2020 13:13:28	USED	B3H2812
RST441C	SMT-MB/T	04	T279	06/07/2020 16:37:19	2703	2703	2703	07/07/2020 08:00:59	USED	B3H2812
RST441C	SMT-MB/T	04	T273	06/07/2020 14:30:31	566	566	5080	06/07/2020 16:30:28	USED	B3H2812
RST441C	SMT-MB/T	04	T273	06/07/2020 12:04:32	490	490	4514	06/07/2020 14:29:00	USED	B3H2812
RST441C	SMT-MB/T	04	T273	01/07/2020 15:59:24	160	160	4024	02/07/2020 08:17:10	USED	B3H2812
RST441C	SMT-MB/T	04	T273	01/07/2020 12:23:06	439	439	3864	01/07/2020 14:42:13	USED	B3H2812
RST441C	SMT-MB/T	04	T273	01/07/2020 10:09:19	407	407	3425	01/07/2020 12:22:20	USED	B3H2812
RST441C	SMT-MB/T	04	T273	30/06/2020 15:59:29	841	841	3018	30/06/2020 19:35:07	USED	B3H2812
RST441C	SMT-MB/T	04	T273	30/06/2020 12:33:35	548	548	2177	30/06/2020 14:35:18	USED	B3H2812

**Items in Production Line**

Line	Stencil	Start Dt	Lim Time	T Time
03	H138	10-JUL-20	2.0	3.04

Fonte: Relatório de Controle de Manutenção CALCOMP (2020).

Figura 16 – Procedimento de limpeza por máquina ultrassom adquirida pela empresa.



Fonte: Sala de limpeza do Stencil da Empresa (2020).

Os resultados do objetivo da pesquisa, que consiste em aplicar a ferramenta Diagrama de Ishikawa em um processo de SMT, para reduzir o número de não conformidades no processo de soldagem de uma linha de produção de um determinado produto do segmento de receptor de TV digital em uma indústria eletroeletrônica do polo industrial de Manaus SCP, foram satisfatórios, tendo em vista que a partir da aplicação da ferramenta de causa e efeito, foram identificadas que as falhas existentes estavam principalmente relacionadas a falta de limpeza do stencil.

As ações realizadas foram direcionadas para as correções dos problemas que necessitavam de soluções rápidas para resolver o problema totalmente, uma vez que, essas falhas já alcançavam o cliente final. Se identificou como causa raiz, a ausência de controle na limpeza do stencil. A Figura 17 apresenta o gráfico de duração deste processo antes e depois da introdução do formulário de controle, como método corretivo.

Figura 17- Acompanhamento de processo/limpeza de stencil.



Fonte: CALCOMP (2020).

Os resultados do primeiro objetivo específico, que consiste em apresentar o processo de montagem e soldagem em SMT foram atendidos, mostrando que a linha de montagem automática se apresenta como um processo de complexidade que requer cuidados e técnicas apropriadas. No segundo objetivo, que envolve a descrição dos tipos de montagem, placas e circuito impresso, foi apresentado que as placas e circuitos impressos começaram a ser confeccionadas em fenolite, e este material foi bastante usado na indústria moderna, porém em ambientes úmidos, para prevenir descartes futuros sobre os produtos. Já, as placas de circuito impresso de fibra de vidro, começaram nos anos 60 após muitas pesquisas.

Com terceiro objetivo, que buscou identificar os benefícios do Diagrama de Ishikawa para o processo de qualidade, pôde-se mostrar que sua utilização colabora com os setores de gerenciamento das empresas na tomada de decisões, principalmente, com o desenvolvimento de estratégias para resolução de problemas e no aprimoramento frequente de processos e procedimentos.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o aumento gradativo da competitividade das empresas no mercado, faz-se necessário a discussão sobre as ferramentas da qualidade, uma vez que sua inclusão nas prioridades da organização permite a implementação de métodos que refletem diretamente na satisfação dos clientes com os serviços e produtos ofertados.

Ressalta-se a importância da solução de problemas relacionados a qualidade pois afetam diretamente as empresas. A implementação de ferramentas da qualidade, beneficia toda a estrutura da organização, inclusive o aumento de sua estrutura física, aquisição de materiais e equipamentos de mais qualidade que facilitaram o processo e conseqüentemente, melhorarão os lucros e resultados da empresa.

A partir da realização desse estudo, pôde-se perceber que a aplicação da ferramenta Diagrama de Ishikawa em um processo de SMT, apontando o número de não conformidades no processo de soldagem de uma linha de produção, possibilitou aos colaboradores da indústria em estudo, identificar com grande facilidade quais eram as possíveis causas raízes, que estavam gerando defeitos ou não conformidades no processo de soldagem de SMT relacionados principalmente a falta de limpeza no stencil.

A ferramenta Diagrama de Causa e Efeito tem como objetivo colaborar com os setores de gerenciamento das empresas na tomada de decisões, principalmente, com o desenvolvimento de estratégias para resolução de problemas e no aprimoramento frequente de processos de qualidade, visa observar com mais profundidade o problema, comprovado como um método que oferece benefícios satisfatórios.

Como plano de ação, sugeriu-se a partir do levantamento das informações, que era necessário analisar todo o método de limpeza, como manutenção, período, controle de vida útil. Sendo assim, é importante que a indústria invista capital em equipamentos modernos, para realizar o controle de limpeza do stencil, que visam reduzir as falhas no processo de produção.

Como sugestão para estudos futuros, recomenda-se a realização de novas pesquisas, para melhores esclarecimentos acerca da utilização das ferramentas da qualidade com o objetivo de colaborar com os setores de gerenciamento das empresas na tomada de decisões, principalmente, desenvolvimento de estratégias, dentre outros.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAPTISTA, M. A. P. **Um modelo multicritério para avaliar o sistema de qualidade de um ambiente de produção**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2000.
- BALLESTERO-ALVAREZ, M.E. **Gestão de qualidade, produção e operações**. São Paulo: Atlas, 2010.
- BENTZEN, B. S.; **SMD placement**. 2004.
- BEHR, A.; MORO E. L. S.; ESTABEL, L. B. Gestão da biblioteca escolar: metodologias, enfoques e aplicação de ferramentas de gestão e serviços de biblioteca. **Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (Ibict)**, Brasília, v. 37, n. 2, p. 32-42, maio/ago. 2008.
- BRINDLEY, K. N. **Electronics Assembly Handbook, Oxford**: Heinemann Professional Publishing Ltd. 1999.
- BROCHOSKI, P.; CANDIDO, M. A. B. **Sistema para programação da produção com capacidade finita em máquinas SMT**. Dissertação (Mestrado em Informática). Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 1999. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp001617.pdf>. Acesso em: 20 ago 2020.
- CARVALHO, H. A. **Implantação da Gestão da Qualidade em Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento em Instituições de Ensino Superior**. 167p. Dissertação de Mestrado, Departamento de Tecnologia – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná. Curitiba, 2002.
- CARVALHO, M. M.; et al. (Org.). **Gestão da Qualidade: Teoria e Casos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. Disponível em: [https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/788/1/MONOGRAFIA\\_Aplica%C3%A7%C3%A3oM%C3%A9todosFerramentas.pdf](https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/788/1/MONOGRAFIA_Aplica%C3%A7%C3%A3oM%C3%A9todosFerramentas.pdf). Acesso em: 20 ago 2020.
- CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da Qualidade Conceitos e Técnicas**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: Manufatura e serviços, uma abordagem estratégica**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- DA SILVA, K.; DE SAMPAIO, R. J. B. **Uma abordagem híbrida para formação de grupos e balanceamento de linhas de montagem SMT**. Dissertação (Mestrado em Informática). Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2002.
- DORO, M. M. **Sistemática para implantação da garantia da qualidade em empresas montadoras de placas de circuito impresso**. M. Sc., Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2004.
- ELBEST R. **Componentes SMD - Tecnologia de montagem de componentes em superfície**. 2004.
- FUSE T. T. N. Training Material. **Printed circuit board and surface mount design**, version 7, June, 2015.
- FLORENCIO, H. G. T. **Estudo da integração entre o Sistema de Gestão da Qualidade ISO 9001 e a Produção Enxuta**. 80 p, 2010.
- GUNTHER, S. **Procedia CIRP**, Volume 40, 2016, Pages 127-132.

- KEITH, B. **Starting Electronics (Fourth Edition)**. Pages 205-257, 2011.
- KHANDPUR, R. **Printed Circuit Boards: Design, Fabrication, and Assembly** (em English) 1 edition ed. [S.l.]: McGraw-Hill Education. pp. 373–378, 2005.
- KING, L. W. **O código de Hammurabi Escrito em cerca de 1780 a.C.** 1 ed. São Paulo: Madras, 77p, 2004.
- LIMA, T. **Placas de Circuito Impresso Multicamadas**. 2017.
- MARCANTE, L. E. **Sistema integrado de apoio ao controle de qualidade em processos de manufatura de placas eletrônicas**. p. 78, 2013.
- MAGAZINE M. J.; POLAK G. G. **Job Release Policy and Printed Circuit Board Assembly**. Department of QAOM, University of Cincinnati, Cincinnati, Ohio, 2002.
- MARQUES, A. P. **Proposta de um Programa de Gestão da Qualidade para uma Empresa Genérica de Posicionamentos com GPS**. Universidade de São Paulo, 2006. Disponível em: [http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/10341/1/PB\\_DAMEC\\_2018\\_1\\_16.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/10341/1/PB_DAMEC_2018_1_16.pdf). Acesso em: 20 ago 2020.
- MEHL, E.L.M. **Conceitos Fundamentais Sobre Placas de Circuito Impresso**. 2014.
- MELO, P. R.S.; RIOS, E.C.D.; GUTIRREZ, R.M.V. **Placas de Circuito Impresso: Mercado Atual e Perspectivas**. In: BNDES Setorial, Rio de Janeiro, set. 2001.
- MELLO, C.H.P. **ISO 9001:2000: Sistema de Gestão da Qualidade para Operações de Produção e Serviços**. São Paulo: Atlas, 2002.
- MIGUEL, P. A. C. Estudo de Caso na Engenharia De Produção: Estruturação e Recomendações para sua Condução. **Produção**, v. 17, n. 1, p. 216-229, Jan./Abr.2007.
- MORAES, A.L. **Otimização do processo produtivo de montagem de placas SMT**. Monografia, Faculdade de Jaguariúna. 2006.
- OLIVEIRA, Á.L. M.; FILHO, C. F. F.; COSTA, Marly G. F. **Otimização da sequência de montagem de componentes para programação de inseroras automáticas usando o método de subida em encosta**. 2009.
- PEREIRA, C. S. «10 Técnicas de Montagens Eletrônicas que Você precisa Conhecer». Consultado em 27 de abril de. 2017.
- PEINALDO, J.; GRAEMI, A.R. **Administração da Produção: Operações Industriais e de Serviços**. Curitiba: UnicenP, 750p, 2007. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/tn\\_stp\\_227\\_325\\_28594.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/tn_stp_227_325_28594.pdf). Acesso em: 20 ago 2020.
- RABAK, C. S.; SICHMAN, J. S. “Otimização do Processo de Inserção Automática de Componentes Eletrônicos empregando a Técnica de Times Assíncronos”. **Pesquisa Operacional**, v. 21, pp. 39-59. 2001.
- SLACK, N.; et al. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1996.
- SENAI. **Manutenção**. 2000. Disponível em: <http://bmalbert.yolasite.com/resources/Manuten%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 22.08.2020

SOUZA, E. K.; MACHADO, F.O. A Gestão da Qualidade e suas Práticas: Estudo de Caso em Caruaru/PE. **INGEPRO-Inovação, Gestão e Produção**, v. 3, n. 10, p. 023-034, 2011.

SUNDAR, R., BALAJI, A. N., SATHEESHKUMAR, R. M. “**A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques**”, **Procedia Engineering**, v. 97, pp. 1875-1885. 2014.

SMED, J.; et al. **An Interactive System for Scheduling Jobs in Electronic Assembly**. Department of Mathematical Sciences and Turku Centre for Computer Science (TUCS), University of Turku, Turku, Finland, 2000.

SCHUMACHER, A.J. **Padronização de Processos Produtivos (gestão da Qualidade Total – TQC), a Busca pela Confiabilidade e Maior Competitividade no Mercado, e, seus Reflexos Sociais**. UNIOEST/Campus de Toledo, 2000.

TRIVELLATO, A. **Aplicação das sete ferramentas básicas da qualidade no ciclo PDCA para melhoria contínua**: Estudo de caso numa empresa de Autopeças. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos 2010.

UHLMANN, I. R. **Aplicação de ferramenta do Lean manufacturing em um processo de SMT**: Estudo de caso, 2015. Disponível em: <http://ppgep.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/Dissertacao2015-PPGEP-MP-IracyanneRettoUhlmann.pdf>. Acesso em: 20 ago 2020.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Werkema Editora Ltda, 2006.