

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
JONAS DE SOUZA SILVEIRA**

**AS PRINCIPAIS APLICAÇÕES DE FERRAMENTAS
DE CONTROLE NA QUALIDADE DO PROCESSO DE
FABRICAÇÃO.**

**Taubaté - SP
2019**

JONAS DE SOUZA SILVEIRA

**AS PRINCIPAIS APLICAÇÕES DE FERRAMENTAS
DE CONTROLE NA QUALIDADE DO PROCESSO DE
FABRICAÇÃO.**

Trabalho de Graduação apresentado para
obtenção do Certificado de Graduação do
curso de Engenharia Mecânica do
Departamento de Engenharia Mecânica da
Universidade de Taubaté.

Orientador(a):
Prof. Me. Leandro Maia Nogueira
Prof. Me. Ivair Alves dos Santos

**Taubaté – SP
2019**

SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU

S587p Silveira, Jonas de Souza
As principais aplicações de ferramentas de controle na qualidade do processo de fabricação / Jonas de Souza Silveira. -- 2019.
40 f. : il.

Monografia (graduação) – Universidade de Taubaté, Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica, 2019.
Orientação: Prof. Leandro Maia Nogueira, Departamento de Engenharia Mecânica.
Coorientação: Prof. Me. Ivair Alves dos Santos, Departamento de Engenharia Mecânica.

1. Ferramentas da Qualidade. 2. Gestão da qualidade. 3. Não conformidade. I. Graduação em Engenharia Mecânica. II. Título.

CDD – 658.5

JONAS DE SOUZA SILVEIRA

**AS PRINCIPAIS APLICAÇÕES DE FERRAMENTAS DE CONTROLE NA
QUALIDADE DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO**

Trabalho de Graduação apresentado
para obtenção do Certificado de
Graduação do curso de Engenharia
Mecânica do Departamento de
Engenharia Mecânica da Universidade
de Taubaté.

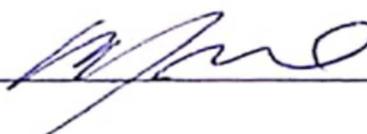
DATA: 28/11/2019

RESULTADO: Aprovado

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Me. Leandro Maia Nogueira

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Assinatura:  _____

Prof. Me. Ivair Alves dos Santos

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Assinatura:  _____

*Dedico este trabalho a meus pais, Alencar da Silveira e
Valdira Aparecida de Souza.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, que me deu forças durante toda a trajetória da graduação.

Aos meus colegas do curso, que me acompanharam durante minha formação.

Aos meus amigos, que estiveram ao meu lado no decorrer desses anos acadêmicos.

Aos meus professores, que me inspiraram a continuar estudando, independentemente de todas as dificuldades. Aos orientadores Leandro Maia e Ivair Alves dos Santos, que, com muita proficiência, auxiliaram-me com suas revisões e orientações. Por fim, à Universidade de Taubaté, que nos proporcionou uma excelente formação acadêmica.

RESUMO

As indústrias buscam nos seus processos de gestão da qualidade garantir a satisfação do cliente por meio de um produto ou serviço que atenda aos requisitos deste. O mercado tornou-se extremamente competitivo, uma empresa que tem esses atributos consolidados em seus processos garante uma vantagem no mercado. Sendo assim muitas organizações recorrem às ferramentas da qualidade para auxiliá-las na resolução de problemas que afetem sua capacidade de alcançar estes requisitos. Deste modo, o presente trabalho tem como objetivo analisar os problemas ocorridos durante o processo de montagem de painéis elétricos em uma empresa, detectando as principais não conformidades, por meio da aplicação de ferramentas da qualidade e apresentar uma proposta de melhoria no gerenciamento de montagem. Realizou-se levantamentos de dados do problema utilizando as seguintes ferramentas da qualidade: Diagrama de Ishikawa, Brainstorming e Gráfico de Pareto. Para isso, utilizou-se o estudo de caso como método de pesquisa, sendo realizado inicialmente uma revisão da literatura e identificando um modelo de implantação. Nos dias de hoje, gestão da qualidade é uma das estratégias mais empregadas pelas empresas com o objetivo de aumentar o lucro e reduzir o desperdício dentro das organizações.

Palavras-chave: Ferramentas da Qualidade. Gestão da qualidade. Não conformidade.

ABSTRACT

Industries seek in their quality management processes to ensure customer satisfaction through a product or service that meets the requirements. The market has become extremely competitive, a company that has these attributes consolidated in its processes ensures a market advantage. As such, many organizations use quality tools to assist them in resolving issues that affect their ability to meet these requirements. Thus, this paper aims to analyze the problems that occur during the process of assembling electrical panels in a company, detecting the main nonconformities by applying quality tools and presenting a proposal for improvement in assembly management. Problem data surveys were performed using the following quality tools: Ishikawa Diagram, Brainstorming and Pareto Graph. For this, the case study was used as a research method, and a literature review was initially performed and an implantation model was identified. Nowadays, quality management is one of the most widely used strategies by companies aiming to increase profit and reduce waste within organizations.

Keywords: Quality tools. Quality management. Non-compliance.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Simbologia de Fluxogramas.....	21
Figura 2 - Diagrama de Dispersão	23
Figura 3 - Diagrama Ishikawa.....	24
Figura 4 - Diagrama de Pareto	25
Figura 5 - Histograma.....	26
Figura 6 - Gráfico de Controle	27
Figura 7 - Painel Elétrico	31
Figura 8 - Acompanhamento de não conformidade no processo de montagem.	33
Figura 9 - Gráfico de Pareto de não conformidades no processo de montagem.	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Quadro da Visão geral dos “caminhos” do modelo DMAIC de melhoria de Processo e Projeto/Reprojeto de Processo.....	20
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DMAIC	Definir, Medir, Analisar, Implementar, Controlar.
6 M's	Mão de obra, Máquina, Material, Medida, Meio Ambiente e Método.
CEP	Controle estatístico do processo.
CQ	Controle da qualidade.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivo.....	13
1.1.1 Objetivo Geral	13
1.1.2 Objetivos Específicos	13
1.2 Delimitação do Estudo	13
1.3 Relevância do Estudo	13
1.4 Organização do Trabalho.....	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 Fundamentação Teórica.....	15
2.2 Conceitos de Qualidade	15
2.3 Ferramentas da Qualidade	16
2.3 DMAIC.....	17
2.3.1 Definir (<i>Define</i>)	17
2.3.2 Medir (<i>Measure</i>)	18
2.3.3 Analisar (<i>Analyze</i>)	18
2.3.4 Melhorar (<i>Improve</i>).....	19
2.3.5 Controlar (<i>Control</i>).....	19
2.4 Fluxograma.....	20
2.5 Coleta de Dados.....	21
2.6 Diagrama de Dispersão.....	22
2.7 Diagrama Ishikawa	23
2.8 Diagrama de Pareto	24
2.9 Histograma	25
2.10 Gráfico de Controle	26

3 METODOLOGIA.....	28
3.1 Tipos de Pesquisa	28
3.2 Coleta de dados.....	29
3.2 Análise de dados	29
4 DESENVOLVIMENTO	30
4.1 Apresentação da Empresa.....	30
4.2 Estudo do processo de produção de painéis elétricos.....	30
4.3 Identificação de análise dos desvios na fabricação de painéis elétricos	32
4.3.1 Identificação dos desvios no processo de montagem	33
4.3.2 Análise dos desvios no processo de montagem	34
4.4 Proposta de melhorias para o processo de montagem de painéis elétricos.....	34
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
6 CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS.....	38

1 INTRODUÇÃO

O conceito de qualidade nos processos produtivos foi se modificando ao longo do tempo devido às mudanças que foram ocorrendo na sociedade e as suas novas demandas. Essa evolução foi descrita por Garvin (1992) nas quatro eras da qualidade: a Era da Inspeção quando, basicamente, selecionava-se os produtos bons e ruins entre os já acabados; a Era do Controle Estatístico da Qualidade em que surgiram ferramentas estatísticas para controlar os processos; a Era da Garantia da Qualidade quando começaram a introduzir conceitos como zero defeito, prevenção, custos da qualidade e confiabilidade; e, por fim, a Era da Gestão Estratégica da Qualidade quando a visão de qualidade foi deslocada para a gestão, impactando toda a empresa e seus processos.

No ambiente empresarial a qualidade tem ganhado relevância e destaque nos últimos anos devido: à quantidade de conteúdo sobre o assunto que está sendo divulgada e difundida nesse meio, a maior exigência dos clientes, e à competição mais acirrada com os concorrentes. Assim a percepção da qualidade e suas formas de aplicação vêm se transformando. (MARTINS; TONIOLI; TOLEDO, 1999).

Segundo Garvin (1992) o enfoque da qualidade tem mudado no sentido de envolvê-la cada vez mais nas gerências das empresas e não apenas nos níveis operacionais espalhando-a para toda a organização e seus processos, e não apenas restrita a um departamento, tornando assim um item sistêmico dentro das empresas.

Os princípios da qualidade, como garantia da excelência do produto, satisfação do cliente, melhoria contínua, são bastante sólidos e fáceis de serem recebidos pelas empresas e vistos como pilares para o sucesso delas. No entanto apenas a percepção desses conceitos não assegura o que sua utilização seja bem-sucedida, é necessário algo que permita a execução dessas ideias nos problemas reais que ocorrem diariamente nas organizações. Logo, as ferramentas da qualidade preencheram essa lacuna com grande êxito em virtude da clareza de sua aplicação juntamente com a eficácia desses métodos. (PALADINI et al.,2012)

Fabricar um painel elétrico dentro do prazo determinado pelo cliente e sem desvios é um fator de grande importância para a empresa em estudo, sendo necessário e estratégico o conhecimento e entendimento das etapas mais críticas, ou

seja, as etapas que podem resultar atraso na entrega, falhas no processo ou no produto final.

O objetivo principal da montagem de painéis é atender as demandas de serviços e produtos aplicados a eficiência energética para os setores Industrial, Naval, Construção Civil e a distribuição e proteção elétrica.

1.1 Objetivo

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo expor um estudo de caso sobre os problemas ocorridos durante o processo de montagem de painéis elétricos, verificando as principais não conformidades, através diversas ferramentas da qualidade e elaborar uma proposta de melhoria no processo de fabricação.

1.1.2 Objetivos Específicos

O objetivo específico é aplicar as ferramentas da qualidade aos processos de uma empresa de fabricação de painéis elétricos, atestando a eficiência dessa metodologia nos processos da empresa.

1.2 Delimitação do Estudo

O estudo de caso foi realizado em uma indústria de fabricação de painéis elétricos. Durante reuniões com os departamentos responsáveis pelo processo foi mostrada a necessidade de utilização de ferramentas da qualidade para evitar não conformidades que afetam a qualidade do produto em seu processo de fabricação.

1.3 Relevância do Estudo

O assunto tratado neste estudo tem como objeto a aplicação de ferramentas da qualidade para análise e resolução de problemas, com foco no aumento da qualidade do produto final e satisfação do cliente. O estudo foi fundamentado na

utilização dos princípios da ferramenta, desse modo possibilitando a detecção de causas de falhas e a melhoria no processo.

1.4 Organização do Trabalho

Neste trabalho serão apresentados os conceitos e princípios da qualidade assim como as ferramentas e estratégias que foram desenvolvidas para a sua aplicação, então, posteriormente, será feito um estudo de caso que relaciona os conceitos com as ferramentas em efetiva utilização nas indústrias. Sendo assim, o trabalho será organizado, basicamente, em cinco partes:

- Revisão Bibliográfica
- Metodologia
- Desenvolvimento
- Resultados e Discussões
- Conclusão

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Fundamentação Teórica

Com o decorrer do tempo descobre-se um profundo movimento em busca da qualidade, que foi aumentando ao longo do tempo.

Somente há pouco tempo o conceito da qualidade do produto passou efetivamente para a função de gerencia nas empresas, a qualidade incorpora tanto aspectos de inspeção de produtos, como funções que vão desde engenharia até marketing. A abordagem qualidade passa a ser abrangente e organizada e não somente uma abordagem corretiva.

2.2 Conceitos de Qualidade

Nos dias atuais para manter a disputa e a superioridade entre seus concorrentes, as empresas buscam outras alternativas em seus processos concentrando reduzir os custos, para melhorar a produtividade e os resultados financeiros. As organizações utilizam metodologias e ferramentas para encontrar os problemas identificados, os quais devem ser utilizados para entender cada fato (CROSBY, 1992).

De acordo com Garvin (1992) o conceito de qualidade varia de acordo com a área que a estuda, sendo assim foram identificadas cinco definições:

- **Transcendente:** a qualidade equipara-se à “excelência inata”, algo universalmente reconhecido, absoluto que se encontra além das mudanças de gosto ou estilo. No entanto, nessa perspectiva, a qualidade proporciona pouca praticidade pois não permite a diferenciação clara entre produtos grosseiros e de qualidade.
- **Baseada no Produto:** é uma abordagem objetiva, precisa, mensurável na qual os produtos podem ser classificados qualitativamente em função da quantidade que possuem de um determinado atributo. Essa interpretação encontra limitação quando a qualidade está relacionada à estética uma vez que não se pode classificar o gosto das pessoas.
- **Baseada no Usuário:** é uma definição subjetiva, pessoal de acordo com a preferência de cada usuário em que a qualidade é definida de acordo com a

necessidade do cliente, porém a dificuldade surge em conseguir produzir em grande escala atendendo as preferências individuais.

- **Baseada na Produção:** usada frequentemente na engenharia e na produção, essa definição, enquadra qualidade em conformidade com as especificações, atender os requisitos. Se um produto está além das características determinadas não é considerado de qualidade.
- **Baseada no Valor:** essa visão está relacionada ao custo e ao preço dos produtos, não basta que o produto seja perfeito, um produto de qualidade deve oferecer desempenho e conformidade a preço acessível. A abordagem pelo valor é complicada na prática pois mistura os conceitos de excelência e valor.

2.3 Ferramentas da Qualidade

A qualidade, originalmente, dizia respeito basicamente à inspeção, no entanto foram surgindo novas abordagens ao longo do tempo e, atualmente as práticas relativas à qualidade são vistas como fundamentais para o sucesso das empresas. Essa evolução aparece dividida por Garvin (1992) nas seguintes “eras da qualidade”:

- **A Era da Inspeção:** os produtos em grande parte eram produzidos por artesãos em pequenas quantidades e depois de acabados inspecionados visualmente. Com o surgimento de máquinas e equipamentos, começaram as produções em massa e a inspeção formal se instaurou. Nessa era a preocupação estava em apenas verificar o produto por meio dos instrumentos de medição e o departamento de inspeção era responsável pela qualidade, que se resumia a uniformidade do produto.
- **A Era do Controle Estatístico da Qualidade:** a variabilidade do processo foi reconhecida e passou a ser estudada estatisticamente de modo a permitir o controle do processo surgindo neste período as cartas de controle. O foco era o controle do processo, manter a uniformidade do produto com menos inspeções utilizando técnicas estatísticas, os departamentos de engenharia e produção receberam esta função.
- **A Era da Garantia da Qualidade:** a qualidade nesse período chegou ao nível gerencial e além da estatística outros elementos começaram a ser discutidos,

como a quantificação dos custos da qualidade, o controle total da qualidade, a engenharia da confiabilidade e o zero defeito. Todos os departamentos estavam envolvidos com a qualidade e a alta gerência de forma periférica.

- A Era do Gerenciamento Estratégico da Qualidade: nessa era a qualidade passou a ser vista como uma oportunidade de superar a concorrência, a ter impacto no planejamento estratégico da empresa, dessa forma a alta gerência também se tornou responsável pela qualidade que deixou de ser um departamento com especialistas e passou a ser incorporada ao sistema empresarial como um todo.

2.3 DMAIC

Segundo Pande et al. (2001), DMAIC é um método de melhoria que orienta a execução de todos planos de melhorias nos processos.

Uma característica relevante na aplicação do DMAIC é a importância dada à satisfação do cliente e à diminuição da variabilidade (LYNCH et al., 2003). No entanto o DMAIC é mais reconhecido pela sua capacidade de resolver os problemas e garantir a diminuição dos índices de não conformidades nos processos, produtos e serviços. (SANTOS; MARTINS, 2008)

O método DMAIC consiste em cinco etapas: *Define* (Definir), *Measure* (Medir), *Analyze* (Analisar), *Improve* (Melhorar) e *Control* (Controlar). Este método fundamenta-se na utilização de estudos estatísticos e técnicas de controle da qualidade orientados em fases estruturadas. (PARAST, 2011)

2.3.1 Definir (*Define*)

Segundo Rotondaro (2008), nessa fase deve-se definir de maneira nítida qual o efeito, o problema que se pretende acabar ou melhorar. As principais partes dessa etapa de definição consistem em:

1. Identificar, de modo preciso, o que o cliente deseja, ou seja, os requisitos do cliente e transformá-los em Características Críticas para a Qualidade. Essa parte é de extrema importância pois leva a visão do cliente para o interior da empresa;

2. Identificado o requisito, o próximo passo é definir um grupo com as qualificações necessárias para a utilização da metodologia Seis Sigma;
3. Os processos definidos como críticos de ser esquematizados de modo que seja possível estabelecer uma relação com as características críticas e com as que produzindo os efeitos indesejáveis, tais como: queixas dos clientes, mão-de-obra cara, qualidade baixa, etc. Existe uma relação entre esses problemas e a forma como o processo está desenhado;
4. Analisar o custo-benefício do projeto;
5. Por fim, elaborar a proposta do projeto a ser executado e enviá-lo para a aprovação da gerência.

Ao seguir os passos acima, será necessária a pesquisa nos dados da própria empresa, assim como as informações do cliente, o mapeamento dos macroprocessos e os pontos críticos.

2.3.2 Medir (*Measure*)

Nessa etapa, Rotondaro (2008) explica que é necessário constatar a performance do presente processo e as medidas serão os objetos de estudo, da seguinte forma:

1. Estruturar o processo e subprocessos relacionados com o projeto, estabelecendo os *inputs* e *outputs*, e entender como as entradas afetam as saídas desses processos.
2. Pensar sobre o Sistema de Medição de maneira que este seja capaz de captar as necessidades de cada processo, que os dados possam ser coletados mediante um sistema que entregue amostras representativas e aleatórias.

Para isso deve-se valer de ferramentas como: estatística, análise do sistema de medição (MSA), capacidade do processo.

2.3.3 Analisar (*Analyze*)

Esta etapa consiste em apontar as causas dos problemas que necessitam de melhoria. (ECKES, 2001). A análise das informações colhidas é realizada por meio da

utilização de ferramentas da qualidade e da estatística. As causas óbvias e as não óbvias que exercem influência nos resultados devem ser indicadas nesta etapa, de acordo com os seguintes passos (ROTONDARO, 2008):

1. Determinar as causas óbvias e as não óbvias valendo-se de ferramentas estatísticas e da análise das informações colhidas;
2. Identificar qual é a capacidade Seis Sigma do processo estudado e definir as metas de melhoria.

Na etapa da análise, normalmente, são utilizadas ferramentas como: FMEA, correlação e regressão simples, testes de hipóteses, análise de variância, testes não-paramétricos.

2.3.4 Melhorar (*Improve*)

Nessa etapa o foco é na melhoria dos processos atuais, as informações coletadas pelas ferramentas estatísticas devem ser transformadas dados do processo e a equipe atua alterando os elementos do processo e intervir nas causas raízes dos problemas, também nesta parte ocorrem as melhorias, propriamente ditas, na qual a equipe modifica e otimiza os processos atuando juntamente com as pessoas que realizam as atividades (ROTONDARO, 2008).

Na fase de melhoria algumas ferramentas são muito utilizadas, como os planos de ação, manufatura enxuta, Delineamento de Experimentos e o cálculo da nova capacidade do processo.

2.3.5 Controlar (*Control*)

Esta etapa consiste na elaboração de um sistema que permita medir e controlar o processo de modo contínuo para assegurar que o processo é capaz e que essa capacidade possa ser conservada. As causas críticas devem ser acompanhadas para que o processo mantenha sua capacidade e também para serem observados novos pontos de melhoria (ROTONDARO, 2008).

Nesta quinta e última etapa serão criados os novos procedimentos, os gráficos de controle por variáveis e atributos, as cartas de controle, os testes de confiabilidade

e processos à prova de erros. Encerrando assim as cinco etapas da metodologia, conforme quadro 1.

Quadro 1 - Quadro da Visão geral dos “caminhos” do modelo DMAIC de melhoria de Processo e Projeto/Reprojeto de Processo

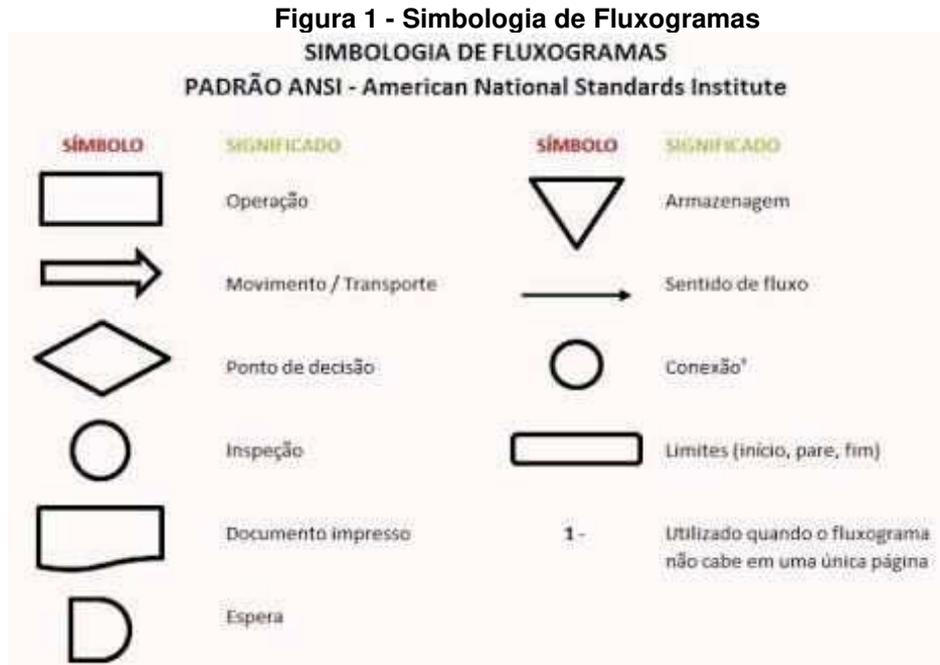
PROCESSOS DE MELHORIA SEIS SIGMA		
	MELHORIA DE PROCESSO	PROJETO/REPROJETO DE PROCESSO
DEFINIR	<ul style="list-style-type: none"> - Identifique o problema - Defina requisitos - Estabeleça meta 	<ul style="list-style-type: none"> - Identifique problemas específicos e amplos - Defina objetivos/Mude a visão - Esclareça escopo e as exigências do cliente
MEDIR	<ul style="list-style-type: none"> - Valide problema/processo - Redefina problema/objetivo - Meça passo-chave/entradas 	<ul style="list-style-type: none"> - Meça desempenho em relação às exigências - Colete dados sobre eficiência do processo
ANALISAR	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolva hipóteses causais - Identifique causa-raiz "poucas e vitais" - Valide hipóteses 	<ul style="list-style-type: none"> - Identifique "melhores práticas" - Avalie projeto do processo <ul style="list-style-type: none"> - Com/sem valor agregado - Gargalo de processo/desconexões - Caminhos alternativos - Redefina exigências
MELHORAR	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolva ideias para remover causas-raiz - Teste soluções - Padronize solução/meça resultados 	<ul style="list-style-type: none"> - Projete novo processo <ul style="list-style-type: none"> - Desafie suposições - Aplique criatividade - Princípios de fluxo de trabalho - Implemente novos processos
CONTROLAR	<ul style="list-style-type: none"> - Estabeleça medidas-padrão para manter desempenho - Corrija problema quando necessário 	<ul style="list-style-type: none"> - Estabeleça medidas e revisões para manter desempenho - Corrija problema quando necessário

Fonte: Adaptado (PANDE, 2007)

2.4 Fluxograma

O fluxograma é o registro gráfico das etapas de um processo, composta também pelos estoques, transporte, demora e inspeção, fornecendo uma visão geral por onde se passa o produto. Ferramenta é estruturado através de símbolos geométricos que significam quais são os serviços, materiais ou recursos relacionados

aos processos e quais são os sentidos a serem seguidos para que o resultado, serviço ou produto, seja alcançado. Essa ferramenta tem uma enorme importância, pois para melhorar o processo, é preciso medir, e para medir, é necessário mapear, sendo essa a função principal do fluxograma.



Fonte: Próprio Autor

2.5 Coleta de Dados

Lista de verificação ou coleta de dados, certifica as condições de um produto, serviço ou qualquer outra tarefa, registra a relação dos problemas, mostrando a frequência em que ocorrem, procurando padronizar a coleta de informações. O checklist ou lista de verificação auxilia no momento de atestar que todos os itens e as etapas da lista foram cumpridas conforme a programação. Geralmente, é um conjunto de dados cuja visualização é melhor se apresentada graficamente.

Apesar de simples é uma ferramenta excelente contra o combate as falhas. Pessoas podem acabar falhando diante de alguma etapa do processo ou durante alguma atividade, por isso o checklist é uma ótima opção para prevenção contra possíveis erros.

2.6 Diagrama de Dispersão

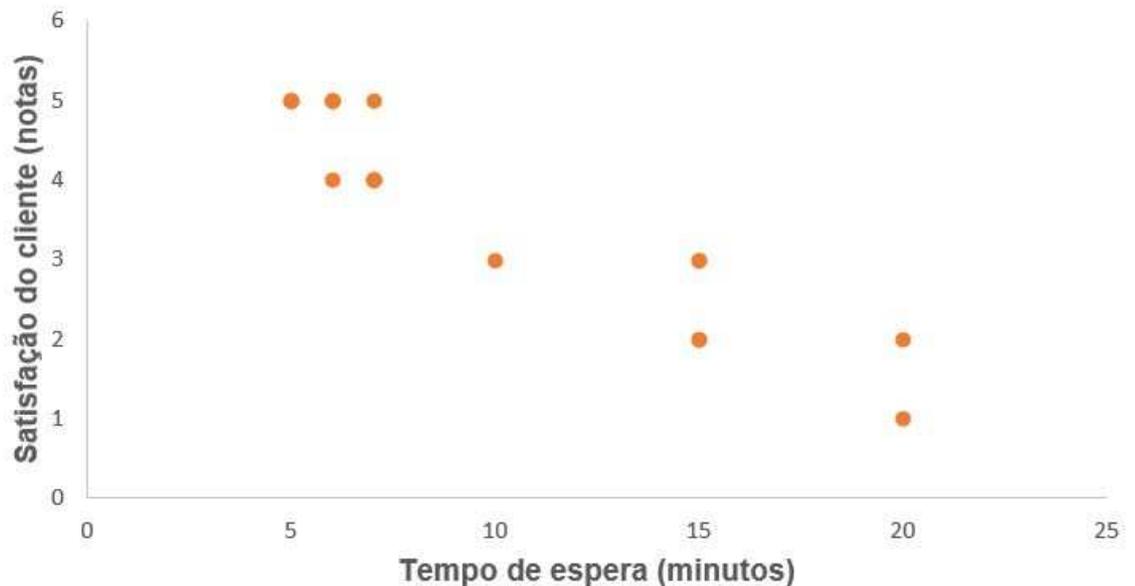
O diagrama de Dispersão é uma ferramenta utilizada para identificar a ligação entre variáveis, também conhecido como gráfico de dispersão ou de correlação, tem a função de relacionar a causa e efeito, registrando graficamente a dependência existente entre eles.

Com a utilização desta ferramenta, é possível eliminar as interpretações e interferências equivocadas de que ocorreu algo em função de uma outra variável.

Em geral o gráfico de correlação ou dispersão é feito com base em duas variáveis, sendo:

- **Correlação positiva:** quando duas variáveis aumentam na mesma direção.
- **Correlação negativa:** isto ocorre quando duas variáveis são correlacionadas, porem o aumento de uma representa o declínio da outra.
- **Correlação nula:** ao comparar duas variáveis se descobre que não existe nenhuma tendência negativa ou positiva.

Figura 2 - Diagrama de Dispersão
Diagrama de Dispersão



Fonte: Proprio Autor

2.7 Diagrama Ishikawa

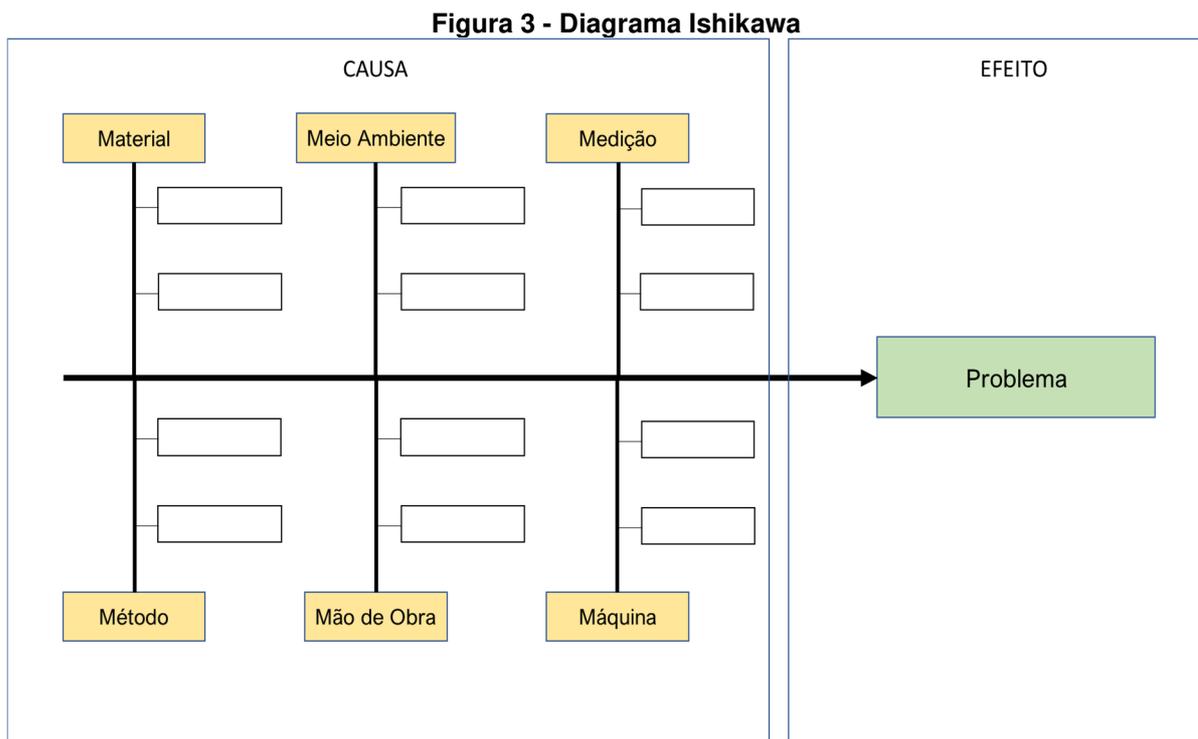
O diagrama de causa e efeito (Ishikawa) permite compor de forma hierárquica as causas de um determinado problema e relacionar com seu efeito (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009). Este diagrama foi criado pelo Prof Kaoru Ishikawa, tendo sua estrutura similar a uma espinha de um peixe é também chamado de diagrama de espinho-de-peixe. O Diagrama de Ishikawa mostra por meio de gráficos as possíveis causas de um determinado defeito ou falha (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

Normalmente no diagrama de espinho-de-peixe as causas são conhecidas como 6 M's: Mão-de-obra, Maquina, Material, Medida, Meio Ambiente e Método. Os efeitos dessas causas geram problemas ou objetivos identificados anteriormente (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

Colenghi (2007) sugere um roteiro para construir um diagrama de espinha de peixe, começando pela definição do problema, logo após são apresentadas às causas que geraram o mesmo. Posteriormente as causas são identificadas e repassadas para o diagrama.

Para construir o diagrama de espinha-de-peixe segue alguns pontos, a coluna do meio, sinalizada por uma seta, corresponde ao efeito ou consequência, na parte lateral, acima e abaixo da seta, estão às causas que prejudicam o processo (WERKEMA. 1995). A figura 3 demonstra um modelo de gráfico de espinha de peixe.

No entendimento de Werkema (1995), o diagrama causa e efeito é utilizado para facilitar e identificar as causas raízes, por meio de uma “representação gráfica entre o processo (efeito) e os fatores (causas) do processo”. Essa representação feita por meio de gráficos facilita compreender o problema e obter uma solução para o problema, pois irá indicar as várias ações que comprometem o processo, tornando assim possível fazer uma análise do conjunto e não só apenas do problema de forma individual. Dessa forma, podem-se distribuir as ações e priorizar os esforços na solução.

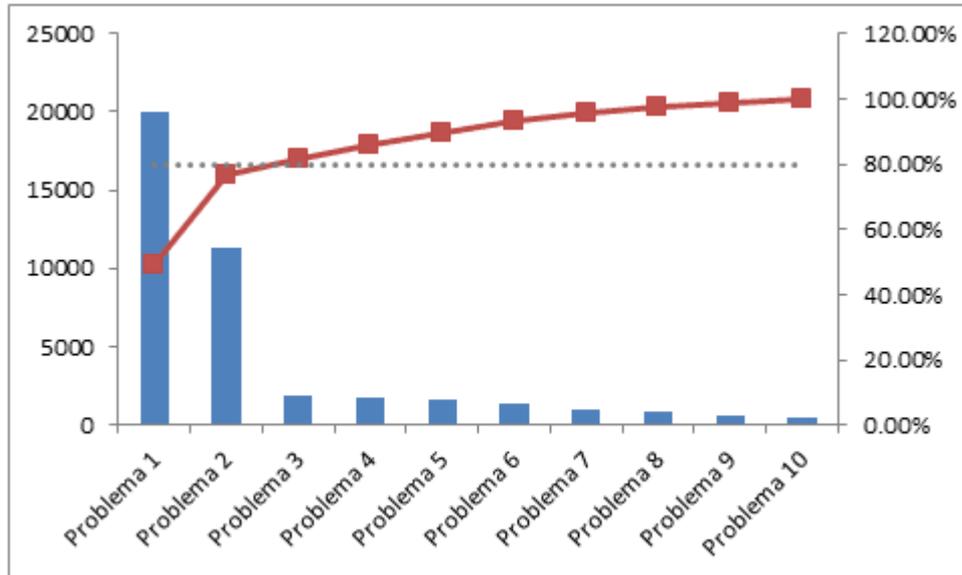


2.8 Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto é uma ferramenta gráfica que associa um problema às suas causas, ajudando a identificar a relação causa e consequência, direcionando o gestor ao motivo de maior incidência. Sua análise colabora na identificação dos principais problemas que afetam uma empresa e seus processos. A frequência com

que os itens ocorrem é organizada em ordem decrescente e uma linha de percentual acumulado acompanha o gráfico.

Figura 4 - Diagrama de Pareto

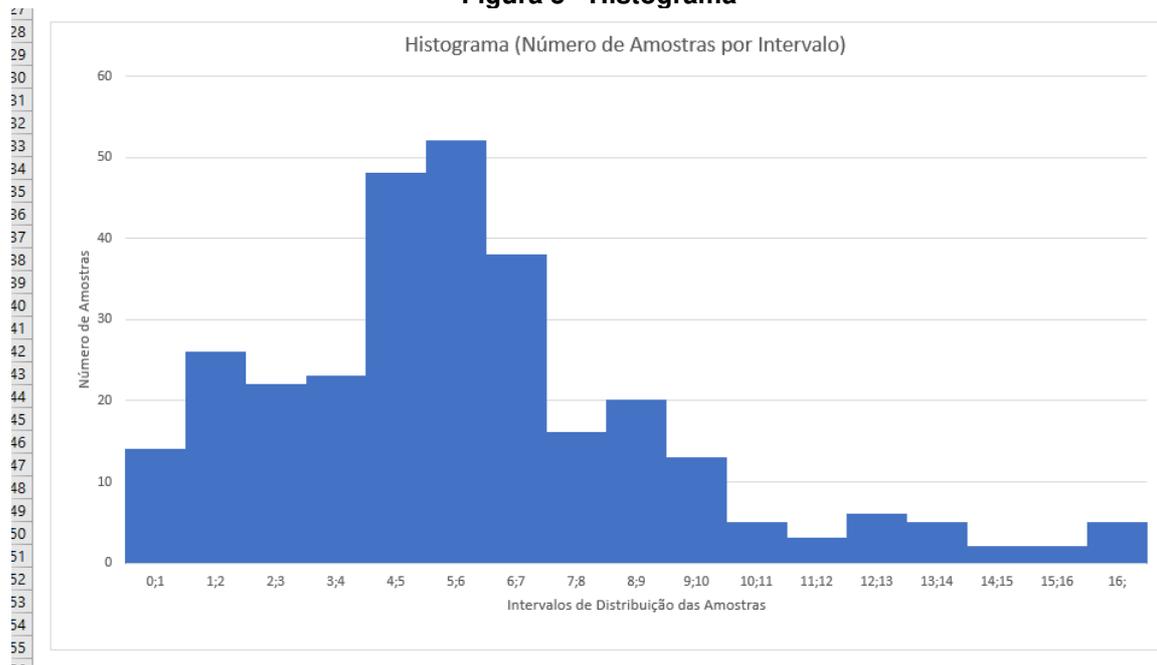


Fonte: Próprio Autor

2.9 Histograma

O histograma é uma ferramenta gráfica que ajuda na verificação de frequência de dados que tem por objetivo identificar como determinada amostra esta distribuída. Também conhecido como gráfico de distribuição e frequências, o histograma é representado através de um gráfico de barras e a sua visualização tem como objetivo auxiliar no entendimento de casos como, quantidade de produtos não conformes, dispersão das medidas de determinado produto, etc.

Além disso, essa ferramenta da qualidade ainda se encaixa diante de variáveis quantitativas e que exigem algum tipo de medição, exemplo: peso, comprimento, largura, tempo, temperatura, volume.

Figura 5 - Histograma

Fonte: Próprio Autor

2.10 Gráfico de Controle

O gráfico de controle é utilizado para saber se o produto tem qualidade e está sob controle, são utilizados cartas ou gráficos que acusam o comportamento qualitativo da produção, com o apoio do CEP (Controle Estatístico do Processo). O objetivo desse controle é manter a qualidade do produto o mais uniforme possível, evitando fabricação de produtos fora da especificação.

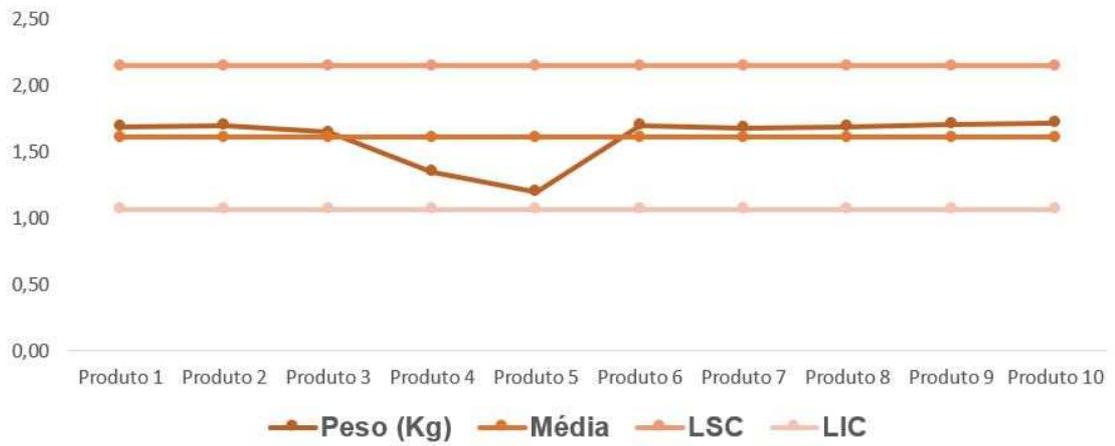
Dentre as inúmeras ferramentas do CEP, os gráficos de controle são as mais importantes. De acordo com Ramos (1998, p.192), eles têm três objetivos, são eles:

Verificar se não há presença de causas especiais de variação, ou seja, se o processo é estatisticamente estável.

Verificar se o processo permanece estável, apontando quando é preciso atuar sobre ele.

Permitir o aperfeiçoamento contínuo do processo, mediante a diminuição de sua variabilidade.

**Figura 6 - Gráfico de Controle
Carta de Contorle**



Fonte: Próprio Autor

3 METODOLOGIA

De acordo com Silva e Menezes (2005), pesquisar é solucionar uma questão por meio de propostas baseadas em metodologias sistemáticas e racionais com o intuito de gerar informações ainda desconhecidas acerca do problema a ser resolvido com a pesquisa.

Uma pesquisa é elaborada utilizando-se estudos realizados anteriormente e, portanto, acessíveis ao pesquisador que irá relacioná-los valendo-se da metodologia científica. Essa elaboração percorre diversas etapas partindo da formulação do problema até os resultados da pesquisa. (GIL, 2002).

Na intenção de compreender e construir o trabalho para investigar os problemas ocorridos no processo de montagem de painéis elétricos, realizou-se inicialmente uma pesquisa bibliográfica e documental sobre o tema e avaliou-se as possibilidades de desenvolvimento sobre o assunto. Em seguida, realizou-se entrevistas com a liderança e com os especialistas na área de produção, e definição do setor de montagem dos painéis. Realizou-se coletas de dados, identificando as não conformidades, através da aplicação das ferramentas da qualidade e foram realizadas análises dos resultados e apresentadas propostas de melhoria no gerenciamento da montagem dos painéis.

3.1 Tipos de Pesquisa

A pesquisa é frequentemente classificada de acordo com os seus objetivos gerais, nesse caso ela pode ser: descritiva, explicativa ou exploratória. Como aponta Gil (2002) a pesquisa descritiva é caracterizada pela exposição de determinados atributos de uma população ou ainda demonstrar comparações entre esses atributos, no caso da pesquisa explicativa a sua principal marca é a busca por entender a causa de algum fenômeno apontando os motivos que levaram a sua ocorrência. Este trabalho é caracterizado pela pesquisa exploratória que têm por finalidade aumentar o conhecimento acerca do fato pesquisado, explicitando-o e valendo-se de pesquisas bibliográficas e estudo de casos para exemplificar.

Classificando a pesquisa quanto ao tipo de abordagem ela pode assumir a qualidade de pesquisa quantitativa ou de pesquisa qualitativa. Neste trabalho foi

adotada a segunda forma, a qualitativa, que conforme explica Gerhardt e Silveira (2009) não considera apenas os dados numéricos e procura aprofundar o entendimento das informações coletadas explicando o porquê de determinado fenômeno. Por outro lado, na pesquisa quantitativa os resultados são mensuráveis, com grandes amostras que buscam a representatividade de toda a população alvo da pesquisa lançando mão de modelos padronizados de coleta de dados, como questionários, que são focados na objetividade.

3.2 Coleta de dados

A coleta de dados consiste na procura pelo conhecimento que tornará possível ao pesquisador uma base para a compreensão do fato ou do acontecimento que se pretende apurar. (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Para a realização deste estudo foram utilizadas as técnicas de pesquisa bibliográfica e pesquisa documental, a primeira consiste no levantamento da teoria já existente na área a ser estudada, tomando com referências trabalhos científicos publicados, livros com a finalidade de apurar as informações e conhecimentos para a resposta ao problema proposto, a segunda técnica utilizada serve-se de fontes mais amplas que as utilizadas na pesquisa bibliográfica, como por exemplo tabelas, relatórios e documentos de empresas, catálogos, jornais. (FONSECA, 2002)

3.2 Análise de dados

A análise dos dados foi feita da forma qualitativa, que segundo Vergara (2000) torna possível a apresentação dos dados de maneira estruturada e organizada para que sejam analisados.

4 DESENVOLVIMENTO

O estudo foi realizado no setor de montagem de uma empresa de fabricação de painéis elétricos, sendo efetuado um levantamento de dados pelo período de onze meses, com o objetivo de constatar e investigar os problemas ocorridos durante o processo de montagem e sugerir melhorias utilizando ferramentas da qualidade.

4.1 Apresentação da Empresa

O estudo foi feito em uma empresa de porte pequeno fabricante de painéis elétricos localizada no estado do Rio de Janeiro. Foi fundada para realizar trabalhos de serviços de manutenções elétricas, e sofreu diversas modificações ao longo da sua existência, e hoje em dia está voltada a atender as demandas de serviços e produtos customizados aplicados a distribuição e proteção elétrica, geração de energia, automação de sistemas e eficiência energética para os setores naval, industrial e de infraestrutura.

4.2 Estudo do processo de produção de painéis elétricos

Um painel elétrico é composto por vários componentes, dentre os quais destacam-se: disjuntor termomagnético, disjuntor motor, botoeiras de acionamento, contadores, relés de tempo e relés de interface, conforme figura 7. O painel de comando elétrico é visto como equipamento chave nas indústrias, pois através deste que ocorre o acionamento das máquinas presentes no processo de produção industrial.

Figura 7 - Painel Elétrico

Fonte: Próprio Autor

O processo de montagem dos painéis inicia com a liberação das peças pelo setor responsável pela pintura e pelo controle de qualidade (CQ), onde é inserida umas pasta azul de produção junto as peças, que contém todos os documentos relacionados com os painéis elétricos, que engloba os formulários de inspeção de serralheria, formulário de inspeção e desvios, desenhos, formulários de montagem, formulário de inspeção de pintura.

A atividade posterior do processo, é o encaminhamento das placas para a montagem dos componentes, solicitando os componentes conforme a lista de material referente ao desenho. Após serem realizadas todas as verificações, deve iniciar a

montagem das peças que compõem o produto. As calhas são colocadas dimensionando os componentes para formar o layout, e possibilitando a passagem de fio dentro das respectivas calhas.

Na continuação, as peças das estruturas seguem para linha de montagem, sendo deslocados alguns colaboradores para dar início no processo da base do painel e juntamente o eletricitista e o técnico responsável pela montagem recebem e confeccionam conforme o desenho, a placa é presa na estrutura metálica para iniciar o teste.

Finalmente o eletricitista montador realizada e confere as conexões no painel, o supervisor ou responsável realiza uma inspeção visual e registra as informações coletadas no formulário de montagem e convoca o controle de qualidade para inspecionar e entregá-lo a pasta de produção com todos os formulários e desenhos e liberar o painel para ser embalado e liberado para expedição.

4.3 Identificação de análise dos desvios na fabricação de painéis elétricos

Durante todas as etapas do processo de fabricação dos painéis, ocorrendo casos de não conformidade no processo, o operador ao perceber deve registrar na ficha de inspeção, correção e desvios e comunicar ao encarregado ou responsável que deve tomar as providencias necessárias para a correção do problema, ainda que tenha que mobilizar outros setores da empresa. O processo deverá ser paralisado, retornado à fase onde detectou o problema, providenciando a correção e dando sequencia ao processo de fabricação.

Quando for concluído o processo de montagem dos painéis elétricos, o colaborador deve verificar se as características do equipamento estão de acordo com especificações técnicas. Caso constate alguma não conformidade ou divergência, o operador deve verificar se possui a possibilidade de correção com o encarregado ou responsável imediatamente, se possível, realizar o retrabalho, caso não for possível, o painel deve ser reprovado e colocando o peça defeituosa em local destinado a produtos que apresentaram não conformidade, informando ao responsável sobre a ocorrência para fabricação de outra peça para substituição. Todo desvio encontrado deve ser anotado na ficha de inspeção, correção e desvio, que é um formulário de reponsabilidade do setor de montagem.

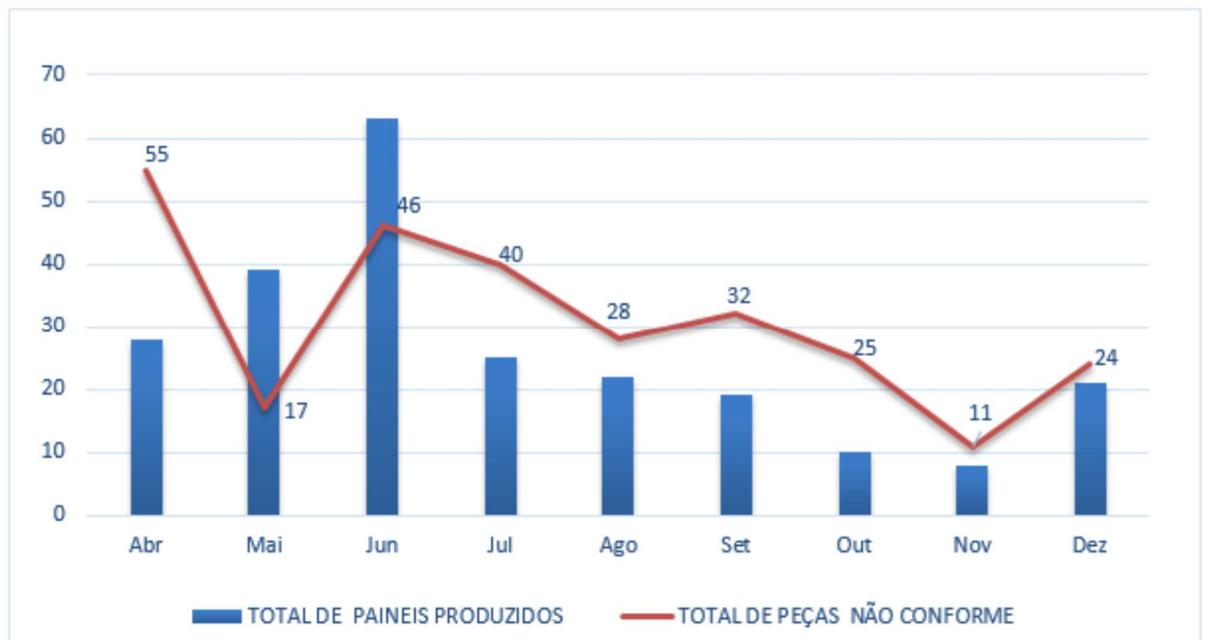
4.3.1 Identificação dos desvios no processo de montagem

Durante o acompanhamento do processo de montagem dos painéis elétricos, foram recolhidos os dados referentes aos problemas que aconteciam frequentemente durante a execução do processo. Os envolvidos no processo relataram a quantidade de peças que apresentaram não conformidade, recebidas da célula anterior, atrapalhando o processo com várias paradas de produção e assim tornando o processo ineficaz.

Realizando o acompanhamento no processo, foram detectados os principais desvios, sendo eles: Fixação errada, Erro na operação, Falta de padronização na passagem de fio, Erro na montagem mecânica, Falta de comunicação, Falta de material, Quebra de componente, Falta de inspeção.

Baseado nas informações coletadas durante o processo de montagem foi executado a criação de um gráfico de acompanhamento mensal, conforme figura 8, onde exibe o indicador com o numero de não conformidades apurados no período durante o processo de montagem.

Figura 8 - Acompanhamento de não conformidade no processo de montagem.



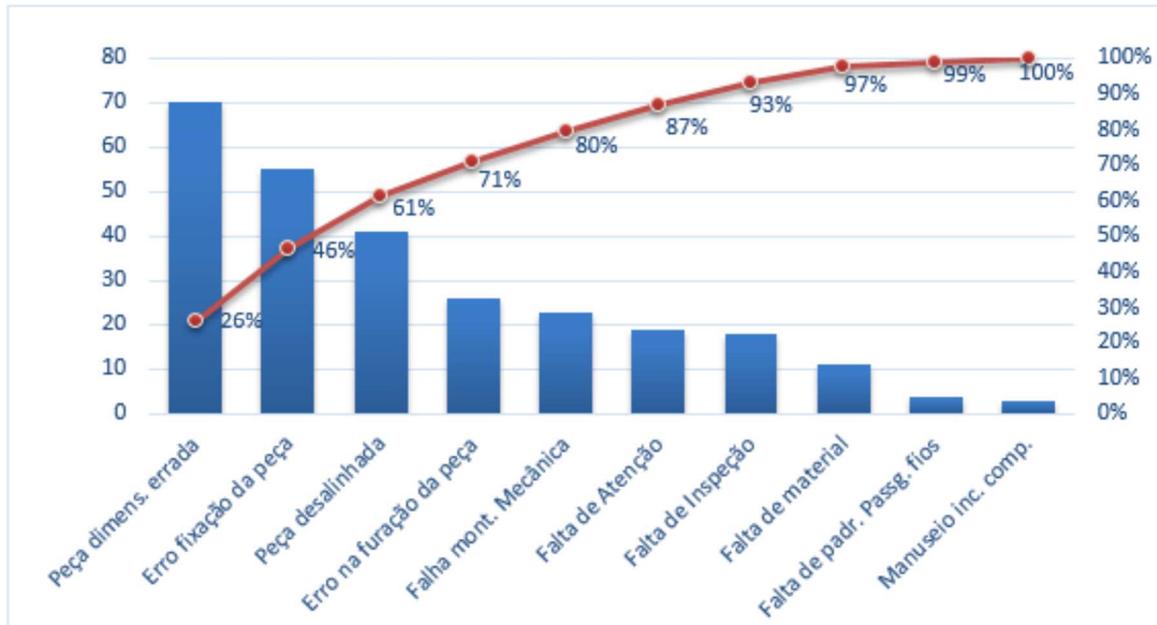
Fonte: Próprio Autor

Ao observar a figura 8, pode ser percebido que o processo está fora de controle, onde não existe correlação das peças não conformes com a demanda de produção de painéis elétricos.

4.3.2 Análise dos desvios no processo de montagem

Foi feito uma análise para constatar quais são as não conformidades que ocorrem durante o processo de montagem dos painéis, com o objetivo de facilitar a tomada de ação para correção dos desvios ou não conformidades. A figura 9 ilustra a elaboração do gráfico de Pareto de não conformidade do processo.

Figura 9 - Gráfico de Pareto de não conformidades no processo de montagem.



Fonte: Próprio Autor

Conforme ilustrado na figura 9, foram detectados que as cinco não conformidades mais críticas no processo de montagem representam 80% das não conformidades, são elas: peça dimensionada errada, erro na fixação das peças, peça torta ou desalinhada, erro no processo de furação da peça e falha durante a montagem mecânica. Em investigação conjunta com a equipe responsável pelo processo de montagem, foi sugerido priorizar as três primeiras não conformidades apresentadas, por julgar retrabalhos difíceis e demandar grande quantidade de mão de obra.

4.4 Proposta de melhorias para o processo de montagem de painéis elétricos

Após estabelecer a priorização das não conformidades, foi sugerido a investigação das causas dos desvios no processo de montagem dos painéis utilizando o diagrama de Ishikawa, com o objetivo de buscar elencar as principais causas dos problemas encontrados.

Desde o começo do estudo foi observado a necessidade de utilizar gestão de indicadores no processo de montagem para realizar o acompanhamento de desempenho, uma gestão eficaz dos processos produtivo, e assim conseguir realizar um planejamento com mais convicção.

Foi sugerido um checklist conforme os requisitos da composição dos painéis elétricos. A avaliação referente ao processo de montagem deve ser efetuada ponto a ponto baseado no checklist que objetiva garantir a rastreabilidade durante todo o processo de montagem, assim facilitando a identificação dos responsáveis pela execução de cada etapa do processo de fabricação, onde deverá constar o registro do número da matrícula do responsável junto ao preenchimento. É fundamental no processo de montagem, executar um estudo de tempos e métodos na montagem de painéis elétricos, visto que a equipe responsável pela montagem dos painéis elétricos é composta por colaboradores ou montadores que realizam um revezamento em cada atividade, que indica a utilização de métodos não sistematizados.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No decorrer do trabalho pôde-se perceber com clareza a aplicação das ferramentas qualidade na solução de problemas ocorridos no processo de fabricação dentro da indústria, o presente estudo de caso demonstrou como se dá efetivamente o uso dessas ferramentas.

É indispensável um sincronismo entre as áreas e investimentos para de forma preventiva ocorra uma melhoria nos processos, com o intuito de antecipar os problemas e evitar perdas futuras no processo por meio de redução de desvios.

A produtividade, em qualquer ramo, está totalmente ligada com os reflexos de processos eficientes. Uma gestão eficaz, com organização e métodos adequados de trabalhos para cada situação de processo, resulta na qualidade satisfatória proporcionando aos serviços operacionais segurança, disponibilidade, confiabilidade.

A maneira como a empresa tratou a falha no seu processo e o modo como buscou identificar a causa e o modo de falha exposta na revisão da literatura apresentada no início deste trabalho. Verificou-se que ao utilizar esta metodologia a empresa obteve êxito na sua meta de encontrar e tratar a causa da falha para que não volte a ocorrer novos problemas dessa mesma natureza.

A empresa define com clareza o objetivo da aplicação da metodologia, e estabelece o escopo no qual se ateve para executar o procedimento de resolução do problema e levantou possíveis causas a serem validadas, conforme estabelece o estudo de caso.

Com toda análise, concluiu que a melhoria continua é um processo fundamental dentro de qualquer empresa que requerem o comprometimento de todos os funcionários, constatando que é possível sua utilização em qualquer organização, e com isso detectar as falhas, escolhendo e empregando a ferramenta adequada ao problema, assim, obtendo excelentes resultados.

6 CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho de apresentar um estudo de caso da aplicação das ferramentas da qualidade no processo de fabricação de painéis elétricos, com intuito de obter soluções para os problemas durante o processo de fabricação, foi concluído com sucesso. Ao adentrar no caso prático estudado pelos autores, foi possível demonstrar os procedimentos adotados pela empresa e os resultados obtidos por meio do uso desta metodologia.

Por meio do sucesso da empresa na resolução do seu problema, pôde-se perceber a eficácia do método quando aplicado de maneira coerente à teoria e à literatura pertinente ao assunto, seguindo as etapas propostas e adaptando-as à realidade da organização.

Portanto, conclui-se que o presente trabalho foi de encontro ao seu objetivo e obteve êxito ao desenvolver o que foi inicialmente proposto.

REFERÊNCIAS

- ARANTES, A. S. **Padronização Participativa nas Empresas de Qualidade**. São Paulo, 1998.
- CAMPOS, Vicente Falconi. **Como definir os seus problemas. In: Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia**. Novo Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.
- COLENGHI, V. M. **O & M e qualidade total: uma integração perfeita**. 3 ed. Uberaba: Ad Sumus, 2007.
- FALCONI, V.C. **Qualidade Total Padronização de Empresas**. 4° ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.
- FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza:UEC, 2002. Apostila, 127 p. Disponível em: <www.ia.ufrj.br/ppgea/conteudo/conteudo-2012-1/1SF/Sandra/apostilaMetodologia.pdf>. Acesso em: 28 junho. 2018.
- GARVIN, David A. **Gerenciando a qualidade: A visão estratégica e competitiva**. Rio de Janeiro: Qualitymark editora, 1992.
- GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. 1 ed. Porto Alegre: UFRGS, 2009.
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- JURAN, J. M. **A qualidade desde o projeto: novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços**. São Paulo: Cengage Learning Editores, 2009.
- LYNCH, D. P.; BERTOLINE, S.; CLOUTIER, E. How to scope DMAIC projects. **Quality Progress**, v. 36, n. 1, p. 37-41, 2003.
- MARTINS, F. J. ; TONIOLI, G. N. ; TOLEDO, J. C. **Modelo para avaliação da evolução da Gestão de Qualidade em empresas industriais**. São Carlos : UFSCar/ENEGEP/ADEPRO, 1999. Disponível em : <http://www.adepro.org.br/biblioteca/ENEGP1999_A0914.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2018.
- PALADINI, E. P. et al. **Gestão da qualidade: Teoria e Casos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.
- SANTOS, A. B.; MARTINS, M. F. Reference model to structure the six sigma in organizations. **Gestão e produção**, São carlos, v. 15, n. 1, p.111-222, jan./abr. 2008.
- SILVA, Edna Lúcia Da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4 ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

SLACK, N.; CHAMBER, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3 ed. São Paulo: Atlas S.A., 2009.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processo**. Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte: 1995.