

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
ÁREA DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA**

AMANDA VERÔNICA SEBEN

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS DA QUALIDADE PARA
REDUÇÃO DO ÍNDICE DE REJEITOS EM UMA EMPRESA DO RAMO
ELETROELETRÔNICO**

CAXIAS DO SUL

2019

AMANDA VERÔNICA SEBEN

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS DA QUALIDADE PARA
REDUÇÃO DO ÍNDICE DE REJEITOS EM UMA EMPRESA DO RAMO
ELETROELETRÔNICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade de Caxias do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador Prof. Michele Otobelli Bertéli

CAXIAS DO SUL

2019

AMANDA VERÔNICA SEBEN

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS DA QUALIDADE PARA
REDUÇÃO DO ÍNDICE DE REJEITOS EM UMA EMPRESA DO RAMO
ELETROELETRÔNICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade de Caxias do Sul, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovado em

Banca Examinadora

Prof. Me. Michele Otobelli Bertéli
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. Me. Esequiel Berra de Mello
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Profa. Dra. Cíntia Paese Giacomello
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Lucas Alexandre Zandonai
Convidado Externo – Representante da Empresa

Dedico este trabalho à minha família, em especial à minha mãe e meus avós que sempre me deram suporte para tudo.

*Ele é a nossa Rocha, suas obras são todas
perfeitas, e seus caminhos todos, justos. Deus
é fiel, e jamais comete erros. Deus é bom,
sábio e justo!
(Bíblia. Deuteronômio, 2016, 32:4)*

RESUMO

Considerando o cenário atual em que as organizações estão inseridas, a competitividade promove o uso de estratégias voltadas à redução de custos. Uma das maneiras empregadas para monitorar as estratégias organizacionais ocorre por meio do uso de indicadores de desempenho. Com base nos dados obtidos e transformados em indicadores de desempenho, o presente trabalho é baseado nas informações diárias de rejeitos em uma empresa no ramo de materiais eletroeletrônico e digitais para infraestruturas prediais. Objetiva-se empregar a análise estatística para identificar e reduzir o indicador de PPM interno da empresa. Para tanto, procede-se à utilização de ferramentas da Qualidade e aplicação da técnica de *Design Of Experiments* (DOE). Por meio dessa aplicação, foi possível realizar uma análise aprofundada entre equipamentos e seus motivos de rejeitos, o que permitiu concluir que em determinado equipamento o índice de rejeitos pode ser maior, oportunizando melhorias a fim de evitar desperdícios.

Palavras-chave: Qualidade. Indicadores. DOE. Rejeitos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Indicador de PPM	14
Figura 2 – Implementação das metas estratégicas	17
Figura 3 – Detalhamento dos indicadores	19
Figura 4 – Etapas do processo decisório.....	21
Figura 5 – Ciclo PDCA.....	23
Figura 6 – Diagrama de Ishikawa	24
Figura 7 – Exemplo de gráfico de controle	26
Figura 8 – Exemplo de variáveis	27
Figura 9 – Tabela ANOVA	29
Figura 10 – Vista superior Legrand Caxias	33
Figura 11 – Indicador de PPM	34
Figura 12 – Gráfico percentual de PPM por fábrica	35
Figura 13 – Aplicação ciclo PDCA	36
Figura 14 – Registro RAC.....	37
Figura 15 – Planilha de apontamentos	38
Figura 16 – Desenho do processo	44
Figura 17 – Ishikawa	45
Figura 18 – Injetora 07.....	45
Figura 19 – Injetora 17.....	46
Figura 20 – Medição em espectrofotômetro.....	47
Figura 21 – Gráfico das médias.....	49
Figura 22 – Indicador de PPM 2019	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – <i>Mix</i> de produtos.....	34
Quadro 2 – Motivos de rejeitos	37
Quadro 3 – Resultados da leitura colorimétrica.....	48
Quadro 4 – Resultado ANOVA	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Frequência por tecnologias	40
Tabela 2 – Representatividade por máquina	41
Tabela 3 – Representatividade por item.....	42
Tabela 4 – Representatividade por motivo	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA	Análise de Variância
EVOP	<i>Evolutionary Operation</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
MASP	Metodologia de Análise e Solução de Problemas
PDCA	Planejar, Desenvolver, Controlar e Ajustar
PPM	Partes Por Milhão
RAC	Registro de Auto Controle
SPSS	<i>Statistical Package for the Social Sciences</i>
TCC	Trabalho de Conclusão do Curso
TQC	Controle da Qualidade Total
UCS	Universidade de Caxias do Sul

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	JUSTIFICATIVA	14
1.2	OBJETIVOS	15
1.2.1	Objetivo geral.....	15
1.2.2	Objetivos específicos	15
1.3	ABORDAGEM E DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO	17
2.1.1	Indicadores	18
2.2	TOMADA DE DECISÃO	20
2.3	FERRAMENTAS DA QUALIDADE.....	22
2.3.1	Diagrama de causa e efeito.....	24
2.3.2	Folha de verificação	25
2.3.3	Histograma	25
2.3.4	Gráfico de Pareto	25
2.3.5	Diagrama de dispersão	25
2.3.6	Fluxograma	26
2.3.7	Gráfico de controle	26
2.4	PLANEJAMENTO E AVALIAÇÃO DE EXPERIMENTOS	27
2.4.1	Análise de variância (ANOVA)	28
2.4.2	Planejamento fatorial	30
3	PROPOSTA DE TRABALHO	32
3.1	CENÁRIO ATUAL	32
3.1.1	A empresa	32
3.1.2	Os produtos	33
3.1.3	Resultados atuais	34
3.2	PROPOSTA DE TRABALHO	36
3.2.1	Fase 1: Planejamento.....	36
3.2.2	Fase 2: Execução	38
3.2.3	Fase 3: Análise dos resultados	39

3.2.4	Fase 4: Aplicação de melhorias	39
4	RESULTADOS	40
4.1	FASE 1: PLANEJAMENTO	40
4.2	FASE 2: EXECUÇÃO.....	43
4.2.1	Ouvir a voz do cliente	43
4.2.2	Ouvir a voz do engenheiro	44
4.2.3	Execução	47
4.3	FASE 3: ANÁLISE DOS RESULTADOS	49
4.4	FASE 4: MELHORIAS	50
5	CONCLUSÃO	52
	REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

No cenário atual em que as organizações estão inseridas, a competitividade promove o uso de estratégias voltadas a redução de custos. Uma das maneiras empregadas para monitorar as estratégias organizacionais ocorre por meio do uso de indicadores de desempenho. Indicador trata-se de uma medida quantitativa, que visa mensurar a eficiência e eficácia de uma gestão de acordo com as atividades desenvolvidas, aspectos ou comportamentos do sistema (ALEGRE *et al.*, 2006).

Para Chirolí (2016) os indicadores permitem um maior envolvimento dos *stakeholders*¹, disponibilizando para todos as informações relacionadas ao negócio. Chirolí (2016) ainda diz que por meio dos indicadores é possível identificar se os processos-chave de sucesso da organização estão coerentes com as metas e objetivos traçados.

Pode-se dizer que o sistema de medição “permite a observação das decisões e ações com base em informações, quantificando a eficiência e eficácia das ações passadas por meio da coleta, exame, classificação, interpretação e análise dos dados adequados” (NEELY, 1998 *apud* CHIROLI, 2016, p. 70).

Com base nos dados obtidos e transformados em indicadores de desempenho, o presente trabalho é baseado nas informações diárias de rejeitos em uma empresa no ramo de materiais eletroeletrônico e digitais para infraestruturas prediais. Os dados computados diariamente se transformam no Indicador de Partes por Milhão (PPM) Interno que é fundamental para análise e tomada de decisões sobre os processos da empresa e redução dos índices de rejeitos. A tomada de decisão se dá pela análise destes dados e aplicação de ferramentas da qualidade ou métodos estatísticos.

De acordo com Montgomery (2004), a utilização de métodos estatísticos ajuda a compreender a variabilidade, ou seja, verificar as diversas observações de um fenômeno ou sistema que produzem um resultado similar. O julgamento estatístico pode auxiliar com relação à esta variabilidade na tomada de decisão.

Existem duas maneiras de coletar dados, que é a partir de um estudo observacional ou através de um planejamento de experimentos. O primeiro consiste em dados históricos do sistema ou processo, já o segundo consiste em variações propositais nas variáveis controláveis de um sistema ou processo (MONTGOMERY, 2004).

¹ Pessoa ou grupo que tem interesse em uma empresa, negócio ou indústria, podendo ou não ter feito um investimento neles. Em inglês *stake* significa interesse, participação, risco. *Holder* significa aquele que possui (ROCHA; GOLDSCHMIDT, 2010).

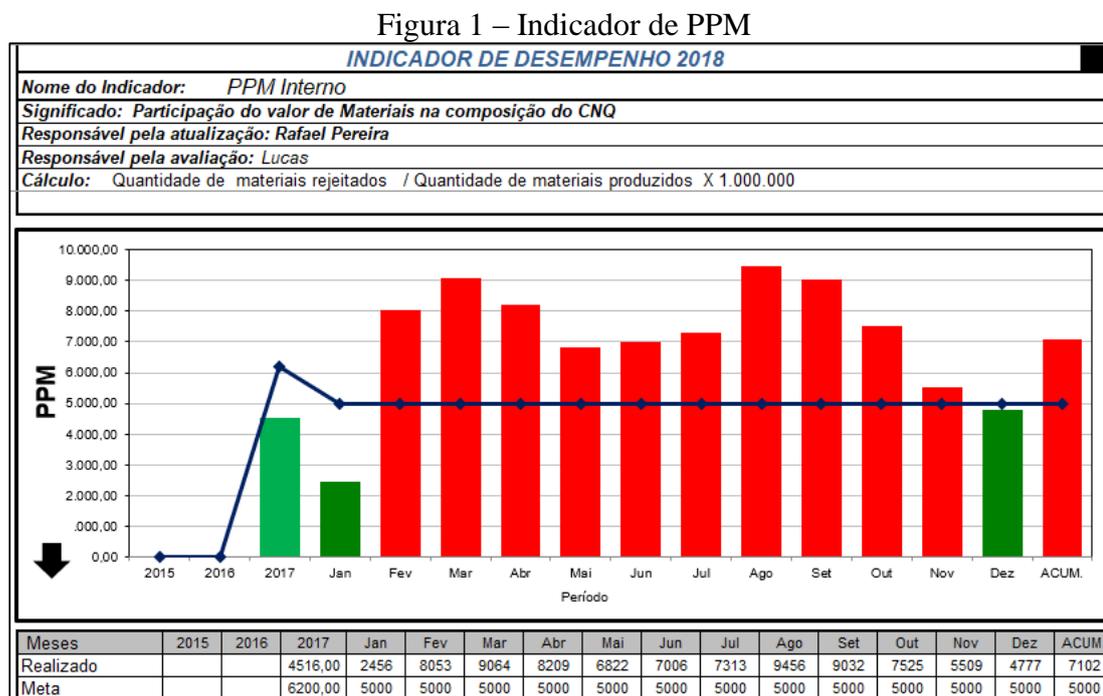
Assim, por meio dos dados obtidos para o indicador de desempenho relacionado ao índice de rejeitos, pretende-se empregar análises estatísticas nos dados, identificando oportunidades de melhoria nos processos realizados no dia a dia da empresa.

1.1 JUSTIFICATIVA

A busca por melhoria tornou-se uma exigência de mercado, tanto na indústria quanto nas demais áreas. As organizações estabelecem em suas estratégias requisitos básicos para atendimento e satisfação do cliente.

Um dos requisitos mais importantes na busca por melhoria é a redução de custos, que pode se dar através das reduções em custos de matéria prima, troca de fornecedores, redução de estoques e desperdícios de processo ou produto, entre outras soluções.

Analisando os índices de rejeitos apontados no indicador de PPM na empresa Legrand, observa-se o não atingimento da meta estabelecida de 5000 PPM's para o ano de 2018, conforme Figura 1.



Fonte: O autor (2019)

De acordo com Seleme e Stadler (2012, p. 20) a busca por sobrevivência é o maior desejo das organizações, e no que tange ao prazo de duração encontra-se invariavelmente a informação de que “a organização foi constituída por prazo indeterminado”, isto significa que os investidores querem que as empresas durem cada vez mais.

Na visão de uma organização multinacional, a avaliação dos indicadores pode ser determinante na tomada de decisão com relação a investimentos ou até mesmo o encerramento de atividades de uma determinada planta.

Para Dellaretti Filho e Drumond (1994) os atributos da qualidade estão relacionados à moral, qualidade intrínseca, entrega e custos.

Sendo assim, com base nestes resultados, pretende-se realizar uma análise estatística de dados aperfeiçoando a busca por soluções e tomada de decisão com relação aos itens ou processos *top offenders*² que impactam diretamente nos custos e performance geral.

1.2 OBJETIVOS

A seção 1.2 apresenta o objetivo geral e específico do trabalho.

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo do trabalho é **empregar análise estatística para identificar** e reduzir o indicador de PPM interno da empresa Legrand.

1.2.2 Objetivos específicos

Do objetivo geral derivam-se os específicos como sendo:

- a) analisar dados de quantidade de peças rejeitadas;
- b) compilar dados para o indicador;
- c) estudar metodologia para análise e solução de problemas;**
- d) selecionar ferramenta mais adequada;
- e) aplicar metodologia para melhoria;
- f) realizar análise dos resultados.

1.3 ABORDAGEM E DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

A abordagem deste trabalho visa a análise estatística dos dados obtidos nas áreas de produção, qualidade e métodos e processos, na empresa Legrand do ramo eletroeletrônico, localizada na cidade de Caxias do Sul. Estas informações trata-se da quantidade de rejeitos e

² Traduzido do inglês como principais infratores.

quantidade produzida que são obtidas através de registros de bordo diários, preenchidos pelos operadores de cada tecnologia fabril envolvida. Diariamente estes dados são observados e transformados no indicador de PPM.

Sendo assim, o trabalho tem por base uma abordagem quali-quantitativa com objetivo exploratório, utilizando procedimentos técnicos de entrevista e análise documental.

A pesquisa quantitativa baseia-se na quantificação e posteriormente tratativas dos dados obtidos. Esta medida utiliza técnicas estatísticas, as quais tornam o estudo de forma imparcial, sem influência do pesquisador. Já na pesquisa qualitativa os dados são levantados e analisados ao mesmo tempo, logo não é formada por etapas engessadas como na quantitativa, nela o pesquisador fica à vontade para desenhar o estudo da forma que julgar mais adequada (MASCARENHAS, 2012).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo tem por objetivo a abordagem de conceitos dos temas que delimitam este trabalho, como indicadores, planejamento estratégico, tomada de decisão, ferramentas da qualidade e métodos estatísticos para melhorias no processo produtivo.

2.1 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

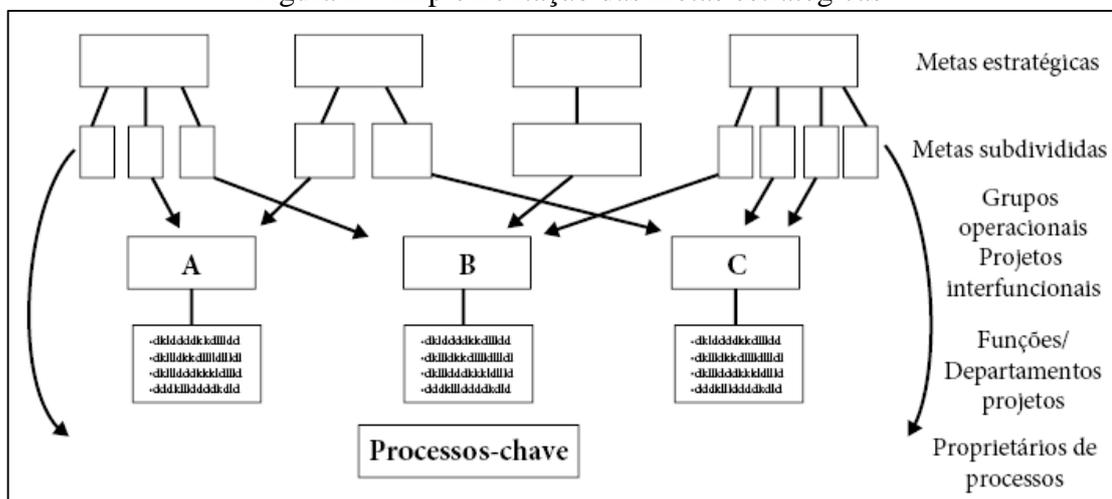
“Medição de desempenho é a quantificação de quão bem as atividades dentro de um processo ou seu *output* atingem uma meta especificada” (HRONEC, 1994 *apud* MÜLLER, 2014, p. 86).

O sistema de avaliação de desempenho deve ser um processo contínuo e induzir nos processos da empresa, integrando objetivo e estratégias com a prática. Com base no negócio, missão e valores definidos não basta apenas ter o caminho traçado, há uma necessidade de medir se a empresa está neste trajeto e melhorar continuamente (MÜLLER, 2014).

Para DeFeo e Juran (2015, p. 78) “o processo de implementação se inicia pela identificação das necessidades da organização e da alta gerência. Essas necessidades determinam o que precisa ser realizado na prática. O processo de implementação conduz a um conjunto ideal de metas pela análise dos recursos necessários”.

As metas são implementadas na forma de subdivisão e alocadas em submetas em níveis inferiores, ou seja, através de recursos, cronograma e marcos temporais planejados, as metas são distribuídas entre equipes multifuncionais, funções e indivíduos, conforme Figura 2 (DEFEO; JURAN, 2015).

Figura 2 – Implementação das metas estratégicas



Fonte: Defeo e Juran (2015)

A figura representa o organograma da implementação das metas, na qual após estabelecer as metas estratégicas, elas se subdividem e são aplicadas por departamentalização ou indivíduos específicos.

Existem diversos motivos pelos quais a mensuração de desempenho é necessária e assim deve haver uma abordagem organizada para isso (DEFEO; JURAN, 2015).

“A avaliação de desempenho parte do pressuposto de que os objetivos organizacionais devem ser traduzidos em sistemas de controle e operacionalizados através de indicadores, isto é, fórmulas ou regras que permitem a quantificação do desempenho” (MÜLLER, 2014, p. 82).

2.1.1 Indicadores

“Um indicador de desempenho deve ser uma forma objetiva de medir a situação real contra um padrão previamente estabelecido e consentido (CARVALHO, 1995 *apud* MÜLLER, 2014, p. 86)

Para Custodio (2015) os principais motivos pela adoção de indicadores em uma organização são: cumprimento dos objetivos, proteção dos resultados e eliminação de reincidência de erros com identificação precoce dos desvios, no qual o conjunto de indicadores que formam a gestão de desempenho é denominado *Key Performance Indicator* (KPI).

O progresso mensurado por KPIs podem indicar até onde os objetivos foram alcançados, quantificando o progresso rumo ao atingimento das metas estabelecidas. As medidas de desempenho são necessárias para monitorar o processo de melhoria contínua, a fim de realizar as mudanças necessárias, bem como para revisões periódicas de desempenho por parte da gestão (DEFEO; JURAN, 2015).

Para DeFeo e Juran (2015), um sistema de mensuração que monitora claramente o desempenho em relação aos planos, tem as seguintes propriedades:

- a) indicadores fortemente vinculados às metas estratégicas, à visão e missão da organização;
- b) indicadores que incluem o interesse dos clientes, focado em necessidades e exigências dos clientes internos e externos;
- c) uma pequena quantidade de parâmetros chave relacionados aos processos fundamentais, prontos para serem consultados em decisões executivas;
- d) identificação de desperdício crônico ou custo da má qualidade.

A escolha dos indicadores é dada pelos resultados de rendimento como produtividade, eficácia do uso de recursos, rentabilidade do processo, custos (produção, não qualidade e

financeiros), qualidade (retrabalhos, refugos e não conformidades) entre outros (CUSTODIO, 2015).

Já Hronec (1994) *apud* Müller (2014) diz que as principais razões para o uso de indicadores são: a compreensão da prioridade de atuação, objetividade de avaliação, profissionalização das decisões, término de feudos internos, possibilidade de acompanhamento histórico, definição sobre papéis e responsabilidades, permitir autogerenciamento e mudança de comportamentos.

De acordo com Miranda e Silva (2002) *apud* Müller (2014) as medições são críticas para entender o que está acontecendo na organização, avaliar as necessidades e o impacto de mudanças, assegurar que os ganhos realizados não sejam perdidos, corrigir situações fora de controle, estabelecer prioridades, auxiliar na tomada de decisão, bem como planejar expectativas do cliente.

Um indicador utiliza uma base mensurável de avaliação, ou seja, é expresso por meio de números, seguindo uma escala. E para atender as características é importante haver um padrão e um sistema para registro das informações que utilize tabela ou matriz de detalhamento dos indicadores da empresa, conforme exemplo na Figura 3 (CHIROLI, 2016).

Figura 3 – Detalhamento dos indicadores

Foco no resultado	Tipo de resultado	Produtividade
Informações	Unidade	%
	Tendência	Aumentar
	Histórico	70%
	Meta	85%
Fórmula	Método de cálculo	$\left(\frac{\text{Horas produtivas}}{\text{Horas disponíveis}} \right) \times 100$
Descrição do indicador	Detalhamento do conceito/objetivo	Permite o acompanhamento da produtividade global do processo industrial

Fonte: Chiroli (2016)

Uma organização estabelece metas estratégicas específicas e mensuráveis que precisam ser alcançadas para que a estratégia mais ampla tenha sucesso. Essas metas quantitativas orientarão os esforços da organização na busca por aplicar cada estratégia. Na acepção empregada aqui, uma meta é um alvo em que se está mirando. Uma meta precisa ser específica e quantificável (mensurável), e deve ser alcançada dentro de um período específico. A princípio, uma organização pode não saber até que ponto se deve especificar uma determinada meta, mas, com o passar do tempo, os sistemas de mensuração melhorarão, e o estabelecimento de metas ficará mais específico e mais mensurável (DEFEO; JURAN, 2015, p. 71).

“Conforme as metas são estabelecidas e implementadas, os meios para alcançá-las a cada nível precisam ser analisados para garantir que satisfarão o objetivo que sustentam” (DEFEO; JURAN, 2015, p. 80).

“É importante que haja uma interação entre o sistema de medição de desempenho com o ambiente organizacional, tanto interno quanto externo, de um sistema de operações pois possibilita ao tomador de decisões uma melhor compreensão de como está a empresa, a fim de identificar meios para melhorá-la” (NELLY; GREGORY; PLATTS, 1995 *apud* CHIROLI, 2016, p. 72).

2.2 TOMADA DE DECISÃO

“A decisão ocorre quando nos deparamos com mais de uma alternativa de ação ou de procedimento, ou seja, quando podemos fazer alguma coisa de duas ou mais maneiras ou formas diferentes” (CHIAVENATO, 2014, p. 241).

Para Gomes e Gomes (2014) o processo de tomada de decisão pode surgir de uma única pessoa ou um grupo, classificando-as como simples ou complexas, e específicas ou estratégicas. As suas consequências podem surgir de forma imediata, a longo prazo, a curto prazo ou uma combinação das formas anteriores.

“Decisões são necessárias quando existir uma situação de problema, ou quando algo sai fora do seu curso normal, ou ainda, quando existe uma oportunidade de melhoria ou otimização” (MALCZEWSKI, 1999 *apud* GOMES; GOMES, 2014, p. 2).

“Tomar decisões é identificar e selecionar o curso de ação mais adequado para lidar com um problema específico ou extrair vantagens em uma oportunidade” (CHIAVENATO, 2014, p. 243).

De acordo com Gomes e Gomes (2014) o processo de decidir possui algumas fases, como: coletar os dados, definir a importância dos dados, buscar alternativas de solução e então escolher entre a melhor opção.

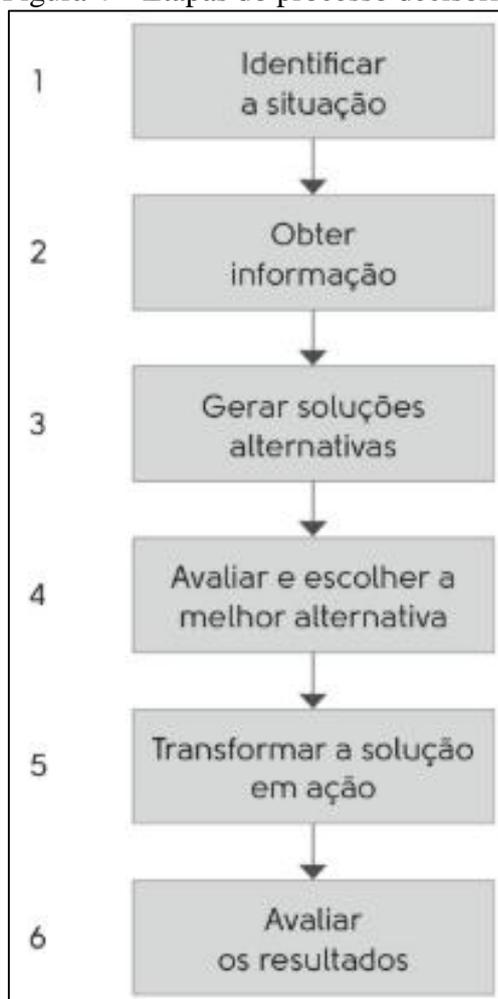
O ser humano se vê obrigado a tomar decisões, através de parâmetros ora quantitativos, ora de mensuração qualitativa como forte característica subjetiva. O agente de decisão pode ser uma pessoa, um grupo, um comitê, uma companhia e entre outros, com o objetivo de vislumbrar as consequências das decisões em um meio ambiente mutável e sujeito a condições não controláveis, incertezas ou imprecisão (GOMES; GOMES, 2014).

Segundo Pereira e Fonseca (2009), o homem toma decisões racionais, mensuráveis, baseadas em hipóteses dedutíveis e passíveis de certo grau de previsibilidade. O estudo da decisão decorre de diversos fatores, como:

- a) surgir da percepção de um problema;
- b) depender da motivação do decisor para resolver esse problema;
- c) envolver valores e critérios nos quais o decisor se baseia;
- d) estar relacionado com a cultura, com os sistemas de poder vigentes e com os comportamentos decorrentes deste conceito;
- e) envolver perdas, angústias e frustração pois a escolha de uma alternativa implica a renúncia de todas as outras;
- f) lidar com a incerteza;
- g) exigir criatividade para identificar alternativas em ambientes mutantes.

Para Chiavenato (2014), o processo decisório segue seis etapas conforme Figura 4.

Figura 4 – Etapas do processo decisório



Fonte: Chiavenato (2014)

“Podemos definir a teoria da decisão como: um conjunto de procedimentos e métodos de análise que procuram assegurar a coerência, a eficácia e a eficiência das decisões tomadas em função das informações disponíveis, antevendo cenários possíveis. Tal teoria pode usar ferramentas matemáticas ou não” (GOMES; GOMES, 2014, p. 23).

Diferentes problemas exigem diferentes tipos de decisão, assim “existe uma variedade de técnicas para solucionar os problemas. As técnicas mais importantes são: método cartesiano, *brainstorming*, técnicas de análise do campo de forças, princípio de Pareto e gráfico de Ishikawa” (CHIAVENATO, 2014, p. 262).

2.3 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Com o objetivo de controlar uma empresa, o surgimento de técnicas para gerenciar a qualidade de produto e processo tornou-se cada vez mais importante, sendo assim o controle de qualidade total permite manter as empresas competitivas no mercado fornecendo produtos com qualidade, garantindo a confiabilidade e mantendo a satisfação do cliente. Os princípios mais básicos para este controle, são denominados Ferramentas da Qualidade que tem por objetivo o auxílio na melhoria contínua, através da identificação de um problema, identificação das causas fundamentais desse problema, análise da situação visando a eliminação ou minimização dessa causa fundamental, implementação e verificação dos resultados (CARPINETTI, 2016).

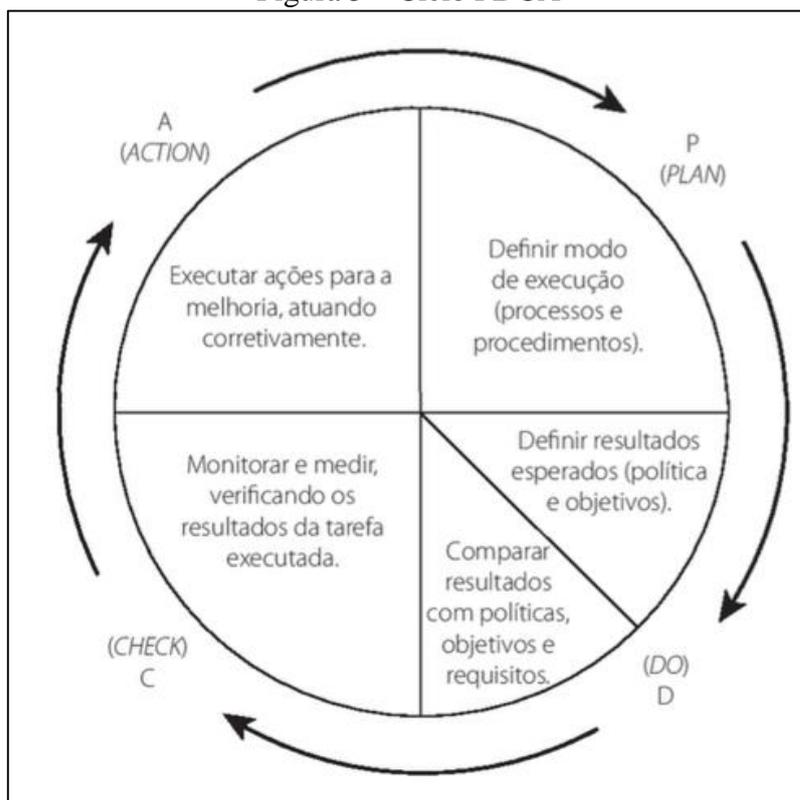
“As ferramentas de análise de causas são utilizadas de muitas formas e não só na identificação das causas dos problemas. Muitos utilizam como ferramentas de planejamento, antecipando-se aos problemas e procedendo à análise destes antes de ocorrerem, a fim de se prevenirem” (SELEME; STADLER, 2012, p. 88).

“Estas ferramentas foram criadas para que possam auxiliar a mapear os defeitos de produtos, serviços e atividades com a finalidade de encontrar suas causas e corrigi-las de forma que não tornem-se recorrentes” (MELLO, 2011, p. 87).

De acordo com Seleme e Stadler (2012) a Metodologia de análise e solução de problemas (MASP) que é uma adaptação de Falconi da metodologia PDCA (planejar, desenvolver, controlar e ajustar) de Deming, no qual o ciclo PDCA é considerado uma das principais metodologias que realiza nas organizações uma transformação direcionada à melhoria contínua e controle da qualidade total.

Para Barros e Bonafini (2014, p.14) de acordo com a Figura 5, “o ciclo PDCA pode ser utilizado para manter e melhorar as chamadas diretrizes de controle de um processo”.

Figura 5 – Ciclo PDCA



Fonte: Barros e Bonafini (2014)

O ciclo tem início no planejamento onde define-se os processos ou procedimentos, seguido da execução do plano, após uma verificação dos resultados e então aplicação de melhorias.

Segundo Carpinetti (2016, p.4), “o ciclo PDCA se aplica tanto para gestão estratégica, quando a gestão de operações”. E suas vantagens são:

- utilização em qualquer área da empresa, produzindo melhorias nos processos e atividades em geral;
- integração das etapas produtivas, envolvendo todas na organização tornando-os responsáveis pela qualidade do processo.

Como recurso para aplicação desta metodologia pode-se utilizar diversas ferramentas, que de acordo com Ishikawa existem sete ferramentas básicas ligadas ao controle da qualidade (BARROS; BONAFINI, 2014).

Por meio das ferramentas, o controle das variáveis possibilita a identificação de tendências e a realização de um planejamento adequado, que aponte para uma decisão futura (SELEME; STADLER, 2012).

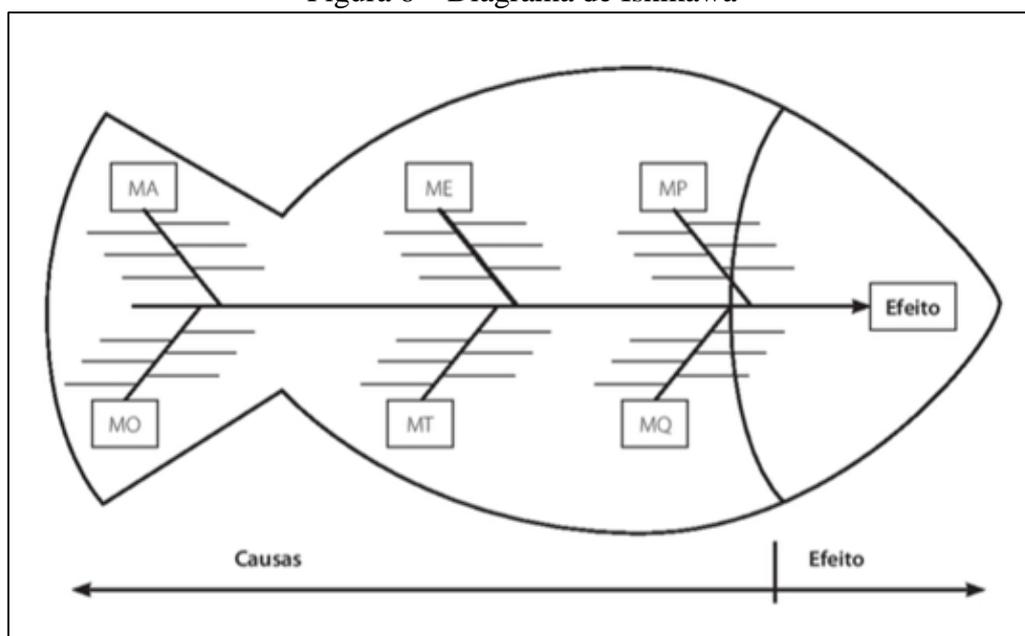
2.3.1 Diagrama de causa e efeito

Para Barros e Bonafini (2014), o diagrama de causa e efeito ou diagrama de Ishikawa, também conhecido como “espinha de peixe” é usado para identificar a relação entre as causas e os efeitos de um processo, buscando-se as circunstâncias e analisando os seis fatores, denominado como 6 Ms, sendo eles:

- a) materiais;
- b) mão de obra;
- c) método;
- d) máquina;
- e) medição;
- f) meio ambiente.

A Figura 6 representa a aplicação da metodologia.

Figura 6 – Diagrama de Ishikawa



Fonte: Custodio (2015)

“Inicialmente deve-se definir o problema (efeito) a ser analisado, e depois reproduz-se o diagrama em formato de espinha de peixe de acordo com a Figura 6, na ponta onde estaria a cabeça do peixe conforme escreve-se o efeito, e nas suas espinhas as possíveis causas” (BARROS; BONAFINI, 2014, p. 40).

2.3.2 Folha de verificação

De acordo com Carpinetti (2016, p.77), “a folha de verificação consiste em um formulário (planilha) que é utilizada para planejar a coleta de dados e partir de necessidades de análise de dados futuras. As folhas de verificação podem ser classificadas como um item de controle de processo ou para classificação de defeitos”.

2.3.3 Histograma

“Um histograma é um gráfico de barras que mostra a frequência com o qual um dado surge em determinado grupo” (BARROS; BONAFINI, 2014, p. 44).

“O histograma dispõe as informações de modo que seja possível a visualização da forma da distribuição de um conjunto de dados e a percepção da localização do valor central e da dispersão dos dados em torno desse valor central” (CARPINETTI, 2016, p.85).

2.3.4 Gráfico de Pareto

Para Custodio (2015) o diagrama de Pareto também conhecido como 80/20, na qual a metodologia menciona que 80% dos problemas são gerados por 20% das causas. Logo utiliza-se uma folha de verificação e a partir dos dados coletados é necessário classificá-los de forma decrescente quanto as suas quantidades, calcular o percentual de participação individual de cada item e calcular o percentual acumulado.

Segundo Carpinetti (2016, p. 78) “o Princípio de Pareto é demonstrado através de um gráfico de barras verticais (Gráfico de Pareto) que dispõe a informação de forma a tornar evidente e visual a ordem de importância de problemas, causas e temas em geral. Considerando que, de modo geral, os recursos são limitados, eles devem ser aplicados onde os benefícios advindos da eliminação de problemas seja de maior impacto”.

2.3.5 Diagrama de dispersão

“O diagrama de dispersão trata-se de um gráfico que pode ser utilizado para visualizar a possível relação entre duas variáveis. A disposição e o formato dos pontos assumem uma análise do relacionamento entre os dados e traça um padrão de comportamento dessa relação” (MELLO, 2011, p. 94).

2.3.6 Fluxograma

Segundo Custodio (2015, p. 17) “o fluxograma é uma ferramenta gráfica que expressa o sequenciamento de um processo, utilizando símbolos básicos para descrever as ações que compõem um processo.

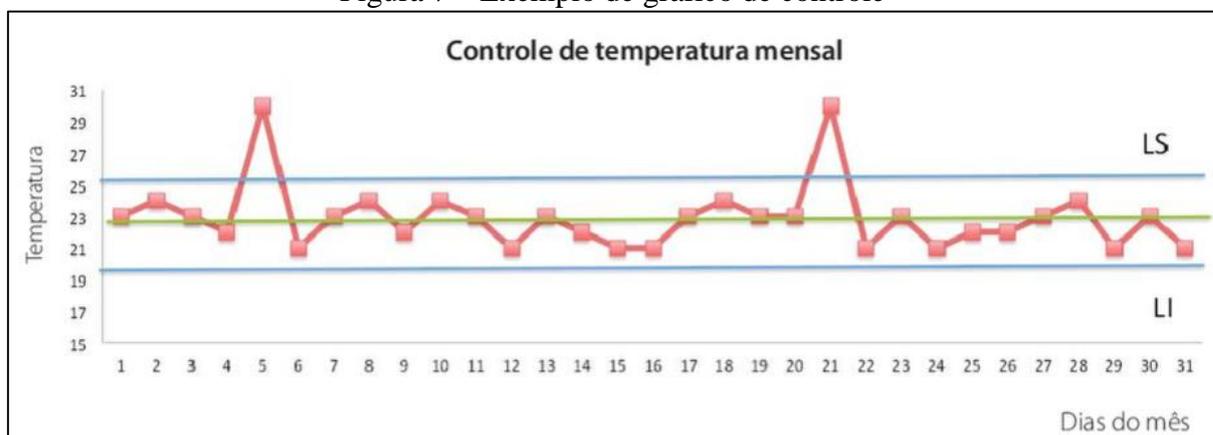
Para Barros e Bonafini (2014) o fluxograma tem o objetivo de mostrar uma visão ampla do processo e estabelecer cada uma de suas etapas.

2.3.7 Gráfico de controle

“O gráfico de controle é uma ferramenta que adota a análise da variação a qual um processo está submetido, e demonstra se esta variação está dentro do padrão médio previsto, ou se resulta em um desvio que precisa ser investigado” (BARROS; BONAFINI, 2014, p. 59).

Para Custodio (2015, p. 29) a carta ou gráfico de controle conforme exemplo na Figura 7, “é usado no acompanhamento do processo, em que se determina um limite superior de controle, limite inferior de controle e uma linha média”.

Figura 7 – Exemplo de gráfico de controle



Fonte: Barros e Bonafini (2014)

A figura representa a análise gráfica de controle de temperatura mensal, no qual estabeleceu-se através das linhas em azul um nível superior e um nível inferior, os pontos em vermelho são os dados registrados nos respectivos dias do mês.

2.4 PLANEJAMENTO E AVALIAÇÃO DE EXPERIMENTOS

“O *Design of Experiments* (DOE) ou projeto de experimentos é uma ferramenta valiosa para a qualidade e consiste em uma técnica analítica que auxilia a detecção de quais variáveis tem uma intervenção maior no resultado geral” (SELEME; STADLER, 2012, p. 110).

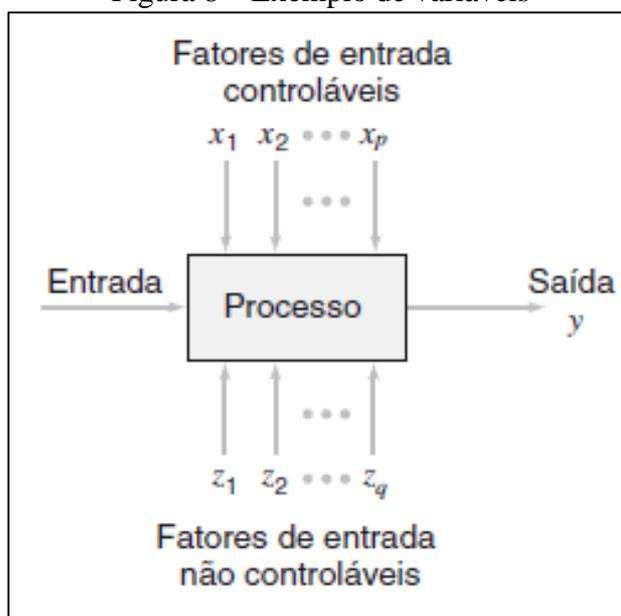
Em uma experiência, altera-se deliberadamente uma ou mais variáveis do processo (ou fatores) para observar o efeito das mudanças e obter uma ou mais variáveis de resposta. O projeto (estatístico) dos experimentos é um procedimento eficiente para planejar experiências, pois os dados obtidos podem ser analisados e promovem a obtenção de conclusões válidas e objetivas (SELEME; STADLER, 2012, p. 110).

“Um experimento planejado é um teste, ou série de testes, no qual são alternadas propositalmente as variáveis de entrada de um processo, a fim de observar e identificar mudanças condizentes na resposta de saída” (MONTGOMERY, 2017, p. 404).

As técnicas de planejamento experimental fundamentadas em estatística visam melhorar o desempenho de um processo de fabricação ou também em aplicação intensiva no desenvolvimento de novos processos. A maioria dos processos podem ser descritos em termos de muitas variáveis controláveis e incontroláveis, assim através do uso de experimentos planejados pode-se determinar qual subconjunto de variáveis controláveis tem maior influência no desempenho do processo (MONTGOMERY; RUNGER; HUBELE, 2013).

Para Montgomery (2017) algumas das variáveis do processo exemplificados na Figura 8, podendo ser classificadas como controláveis ou não controláveis (ruído).

Figura 8 – Exemplo de variáveis



Fonte: Montgomery (2017)

Para a análise de experimentos, deve-se determinar os fatores (controláveis e incontroláveis) que afetam a ocorrência de defeitos nos produtos. O objetivo de determinar estes fatores é capacitar e estimar a magnitude e a direção dos efeitos dos fatores. Esta análise pode auxiliar na determinação de quais são as variáveis críticas do processo e que devem ser cuidadosamente controladas durante a fabricação, a fim de prevenir altos níveis de defeito e desempenho errático do processo. (MONTGOMERY; RUNGER; HUBELE, 2013).

De acordo com Montgomery, Runger e Hubele (2013) a metodologia consiste em oito etapas, sendo elas:

- a) percorrer uma descrição clara e sucinta do problema;
- b) constatar, ou pelo menos tentar identificar os fatores importantes que afetam este problema ou que possam influenciar um papel em sua resolução;
- c) projetar um modelo para o problema, utilizando estudos científicos ou de engenharia do efeito sendo estudado, estabelecer qualquer limitação ou suposição do modelo;
- d) dirigir experimentos adequados e coletar dados para provar ou validar o modelo-tentativa ou conclusões feitas nas etapas 2 e 3;
- e) apurar o modelo, com base nos dados observados;
- f) manipular o modelo auxiliando no desenvolvimento da solução do problema;
- g) pilotar um experimento adequado para confirmar que a solução proposta para o problema é efetiva e eficiente;
- h) tomar conclusões ou aconselhar baseado na solução do problema.

“Quando há vários fatores de interesse em um experimento, um planejamento fatorial deve ser usado” (MONTGOMERY, 2017, p. 410).

2.4.1 Análise de variância (ANOVA)

“A análise de variância (ANOVA) pode ser usada para comparação de médias quando há mais de dois níveis de um único fator” (MONTGOMERY, 2017, p. 101).

Para Walpole *et al.* (2009) a análise de variância é um procedimento usado para lidar com testes de médias populacionais baseado na análise de variâncias amostrais. Neste procedimento a variação total na variável dependente é subdividida em componentes significativos, que posteriormente são observados e tratados de maneira sistemática.

Existem dois modelos de fatores na ANOVA:

- a) fatores a níveis fixos: pode-se repetir o experimento tempo depois, basta utilizar os níveis dos fatores controláveis escolhidos;
- b) fatores a níveis aleatórios: não se pode mais repetir o experimento com os mesmos fatores controláveis.

A fórmula estatística segundo Walpole *et al.* (2009) está representada na Equação 1.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_j + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

onde: μ = média geral
 τ_j = efeito do grupo j
 ε_{ij} = erro aleatório

Para Montgomery (2017) devemos identificar as hipóteses, nas quais a hipótese zero (H0) a mudança dos níveis do fator não tem nenhum efeito sobre a resposta média, já a outra hipótese (H1) é o posto da hipótese zero, ou seja, pelo menos duas médias não são iguais.

Assim que testadas as hipóteses, deve-se medir os resultados conforme tabela ANOVA ilustrada na Figura 9.

Figura 9 – Tabela ANOVA

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	f calculado
Tratamentos	SQA	k - 1	$s_1^2 = \frac{SQA}{k-1}$	$\frac{s_1^2}{s^2}$
Erro	SQE	k (n - 1)	$s^2 = \frac{SQE}{k(n-1)}$	
Total	SQT	kn - 1		

Fonte: Walpole *et al.* (2009)

Os itens da tabela são representados como:

- a) SQA: soma dos quadrados devido ao tratamento;
- b) SQE: soma dos quadrados devido ao erro;
- c) SQT: soma quadrática total;
- d) k: representa os níveis dos fatores;
- e) N: representa o número de observações;

Para Walpole *et al.* (2009), após realizar os cálculos da tabela ANOVA, deve-se comparar o f calculado com o f da tabela Fisher. Se o valor calculado for maior que o valor

tabelado descarta-se a hipótese zero, ou seja, existe diferença significativa entre os grupos provocada pelo fator controlável em estudo.

Quando deseja-se estudar mais de um fator, um planejamento fatorial deve ser utilizado (MONTGOMERY; RUNGER; HUBELE, 2013).

2.4.2 Planejamento fatorial

“Um experimento fatorial com dois fatores envolve tentativas experimentais (ou uma única tentativa) em todas as combinações de fatores” (WALPOLE *et al.*, 2009, p. 367).

Quando há vários fatores de interesse em um experimento, um planejamento fatorial deve ser usado. Em tais experimentos, os fatores variam juntos. Especificamente, por um experimento fatorial queremos dizer que em cada tentativa ou replicação completa do experimento, são investigadas todas as combinações possíveis dos níveis dos fatores (MONTGOMERY, 2017, p. 408).

“Em alguns experimentos, a diferença na resposta entre os níveis de um fator não é a mesma em todos os níveis dos outros fatores, quando isto ocorre há uma interação entre os fatores” (MONTGOMERY; RUNGER; HUBELE, 2013, p. 217).

De acordo com Montgomery (2017) a análise de variância (ANOVA) pode ser estendida para utilização em experimento fatoriais de dois fatores, podendo ser fatores A e B com a níveis para o fator A e b níveis para o fator B, com o experimento replicado n vezes. Sendo representada pela Equação 2 abaixo:

$$Y_{ijkl} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + \tau\beta_{ij} + \tau\gamma_{ik} + \beta\gamma_{jk} + \tau\beta\gamma_{ijk} + \varepsilon_{ijkl} \quad (2)$$

onde:

- μ = média geral
- τ_i = efeito do i -ésimo nível de A
- β_j = efeito do j -ésimo nível de B
- $(\tau\beta_{ij})$ = é o efeito da interação AB
- ε_{ijkl} = é o erro aleatório

“Em qualquer experimento planejado, é importante examinar um modelo para prever respostas. Além disso, há uma relação forte entre análise de um experimento planejado e uma análise de regressão” representado pela Equação 3 (MONTGOMERY; RUNGER; HUBELE, 2013, p. 222).

$$y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_{12}x_1x_2 + \varepsilon \quad (3)$$

onde: β 's = representa os valores que serão determinados

x 's = representa as variáveis de cada fator

ε = erro

Para Walpole *et al.* (2009) no caso da ANOVA, as hipóteses envolvem as médias populacionais, enquanto no caso da regressão, a hipótese envolve os coeficientes de regressão.

3 PROPOSTA DE TRABALHO

Neste capítulo apresenta-se o cenário atual do estudo e as etapas que dão sequência ao desenvolvimento do trabalho em função do objetivo geral e objetivos específicos.

Assim é apresentada a empresa na qual o trabalho foi empregado, bem como os seus produtos e linhas de operação, estado atual e situações de problemas reais encontrados, atribuindo então as etapas para implementação da análise estatística.

3.1 CENÁRIO ATUAL

Por meio deste capítulo, apresenta-se um breve descritivo sobre a empresa e seus resultados na qual segue o trabalho.

3.1.1 A empresa

O Grupo Legrand Brasil é a empresa escolhida para este estudo, multinacional francesa que está consolidada por marcas como: Cemar Legrand, Pial Legrand, Bticino, SMS, HDL, Lorenzetti, Daneva e Cablofil. Atualmente presente nos setores residencial, industrial e terciário, as marcas de produtos compõem sistemas de inovações tecnológicas que oferecem soluções para facilidade de instalação, conforto, gestão de comunicação e segurança, eficiência energética, além de *designs* sofisticados. Alguns dos produtos são: interruptores e tomadas, sistema de automação residencial, sistemas de interfonos, sistemas de alarmes e televisão, acessórios de gerenciamento de cabos, quadros de comando e distribuição elétrica, caixas para alvenaria, entre outros produtos para sistemas elétricos (LEGRAND, 2019).

A presença do Grupo Legrand Brasil se faz em 6 plantas industriais, 2 escritórios corporativos, 5 centros logísticos, 2 *showrooms*, diversas filiais e representantes de vendas em todo o país.

O Grupo tem rendimento de aproximadamente 4,5 bilhões de euros e aplicação anual de 5% do resultado líquido em pesquisas e desenvolvimentos de novos produtos. A Figura 10 ilustra a planta localizada na cidade de Caxias do Sul (RS), que é composta por três pavilhões produtivos caracterizados como Fábrica I, Fábrica II e Fábrica III e um pavilhão no qual denomina-se o Centro de Distribuição, todos localizados no mesmo endereço. Na planta de Caxias do Sul que é atribuída as atividades deste trabalho.

Figura 10 – Vista superior Legrand Caxias



Fonte: Legrand (2019a)

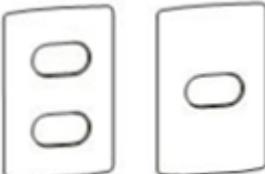
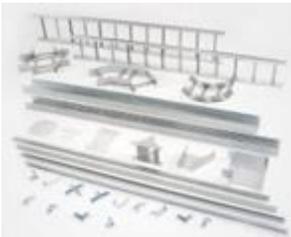
Cada fábrica é caracterizada por determinadas linhas de produção ou como denominadas pela empresa tecnologias. A Fábrica I caracteriza-se pela estamperia leve, extrusão e linhas de montagem de interruptores e tomadas, na Fábrica II concentram-se a linha de metálicos, que é composta por conformação, solda, pintura e montagem metálicos, já na Fábrica III são produzidos componentes plásticos que abastecem as linhas de montagem da Fábrica I, ou seja é composta por injetoras e máquinas automáticas de montagem das linhas de interruptores e tomadas.

3.1.2 Os produtos

O *mix* de produtos da Legrand Brasil é composto por soluções para conforto, eficiência energética, comunicação, gestão de segurança e controle da instalação: interruptores e tomadas, sistema de automação residencial, interfonia, circuito fechado de televisão e sistema de alarme antifurto, centros e quadros de distribuição, painéis, disjuntores, nobreaks, racks, gabinetes, soluções necessárias para gerenciamento de cabos como canaletas, eletrocalhas, leitos, perfilados, eletrodutos, caixas de piso, colunetes entre outros, conforme Quadro 1.

Estes itens compõem parte do *mix* de produtos Legrand, que são produzidos na planta localizada em Caxias do Sul, nas diferentes fábricas descritas anteriormente. A divisão do quadro apresenta as divisões classificadas pela empresa para diferentes soluções, todas abrangidas na atuação de sistemas elétricos.

Quadro 1 – Mix de produtos

Linha de tomadas, interruptores e acessórios	Linha de quadros de comando e distribuição	Linha de componentes
		
		
		

Fonte: Adaptado de Legrand (2019)

3.1.3 Resultados atuais

Considerando os desafios tecnológicos, uma das práticas do grupo Legrand é o monitoramento dos índices de rejeitos através do indicador de PPM. Esta prática foi aplicada a partir do ano de 2017 e desde então mantém-se aprimorando os resultados e formas de apontamento, visando uma confiabilidade maior dos dados obtidos.

Com base na Figura 11, observam-se os resultados desde a implementação deste indicador de desempenho.

Figura 11 – Indicador de PPM

legrand®		Atualiza Gráficos		PAINEL DE CONTROLE - META x REALIZADO - QUALIDADE													2018			
Indicador	Peso	TOP	Unid.	Dir.	2016	2017	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	ACUM	
PPM Interno	20%	MP e Componentes	PPM	↓	Meta	6200	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000
					Real	4516	2456	8053	9064	8209	6822	7006	7313	9456	9032	7525	5509	4777	7102	
						●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Fonte: O autor (2019)

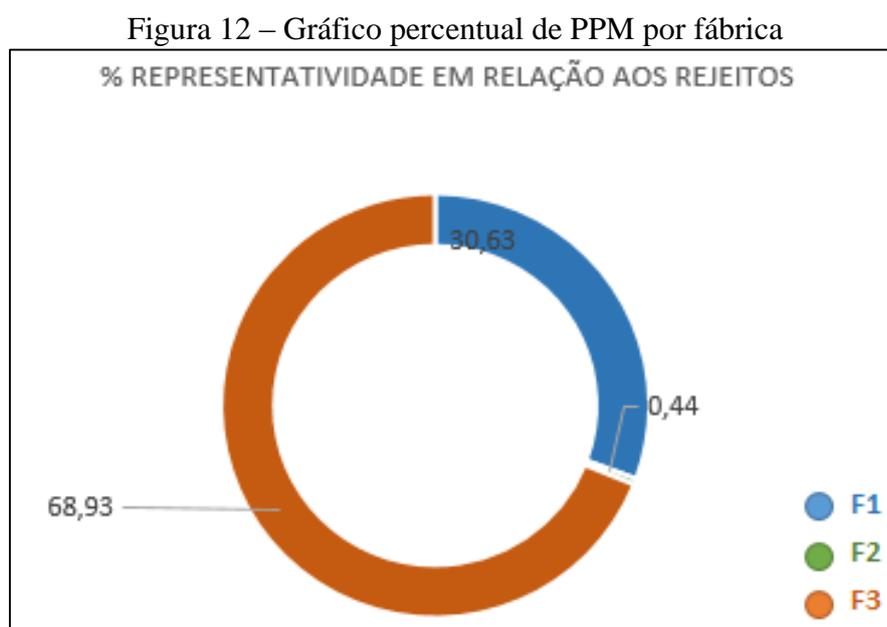
Percebe-se que no ano da implementação em 2017, os resultados foram atingidos, ou seja, ficaram abaixo da meta estabelecida de 6200 PPM's, que por se tratar de um início do

monitoramento pode-se concluir que este resultado, apesar de satisfatório, pode não ser coerente com a realidade da organização.

De acordo com a revisão anual das metas, estabeleceu-se em 2018 uma meta de 5000 PPM's, e visualiza-se que os resultados encontrados já não foram satisfatórios, ou seja, além da redução do atingimento da meta, houve também melhorias nos apontamentos. Ainda, ressalta-se que esta meta foi estabelecida de forma geral para as fábricas da planta do Site Caxias, ou seja, cada fábrica contém a quantidade de 5000 PPM's sem uma análise prévia dos índices de rejeitos de cada uma.

Atualmente a meta geral foi revisada para 5200 PPM's, e com o objetivo de aprimorar os índices e reduzir de forma assertiva os números, o setor da Qualidade optou por dividir os apontamentos em tecnologias, e acompanhar diariamente os resultados, observando assim onde estão ocorrendo os maiores índices de rejeitos.

A Figura 12 apresenta o gráfico do acompanhamento diário de PPM's aplicados no ano de 2019.



Fonte: O autor (2019)

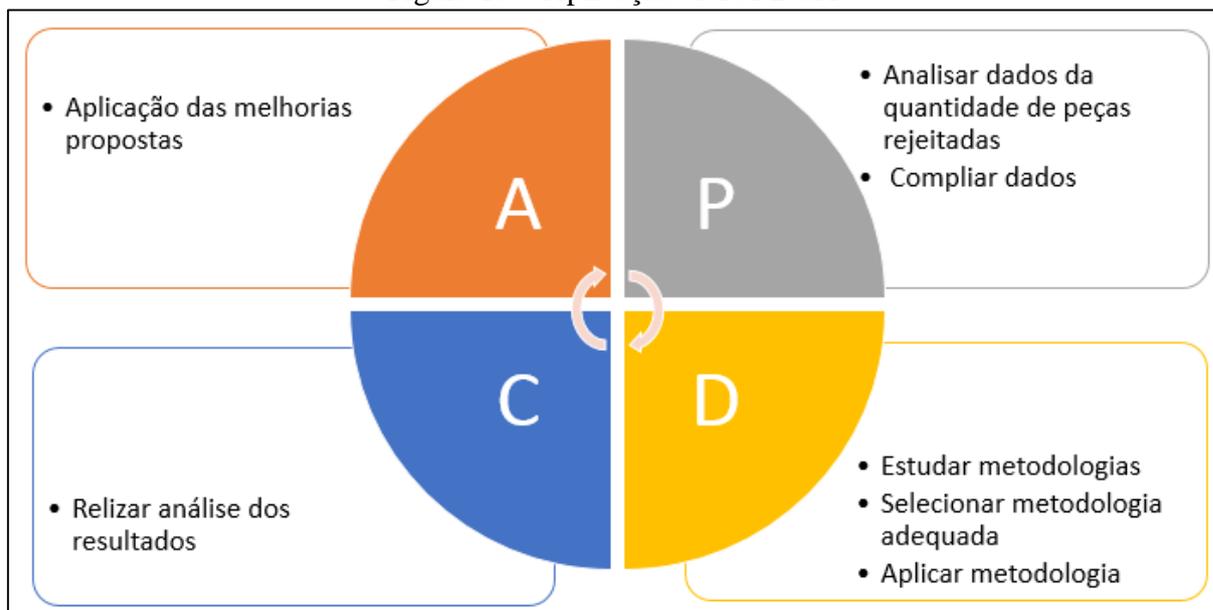
Através do gráfico, nota-se que a maior concentração de rejeitos está na Fábrica III, com 68,93% de representatividade sobre o indicador de PPM, em sequência Fábrica I com 30,63% e Fábrica II com 0,44%.

Estes dados motivaram o início deste trabalho, visando um melhor entendimento dos fatos ocorridos por meio de análise estatística com vistas a identificar melhorias no processo de modo que seja possível atuar diretamente nos motivos que contribuem em maior participação para os índices de rejeito fora das metas estabelecidas.

3.2 PROPOSTA DE TRABALHO

Para atingir o objetivo deste trabalho as etapas são sequenciadas de acordo com a metodologia do ciclo PDCA conforme representação da Figura 13.

Figura 13 – Aplicação ciclo PDCA



Fonte: O autor (2019)

A metodologia consiste em quatro fases distintas, que do inglês são: *Plan*, *Do*, *Check* e *Action*, ou seja: planejar, executar, verificar e atuar corretivamente.

As atividades propostas para o trabalho são descritas e executadas com base nesta metodologia.

3.2.1 Fase 1: Planejamento

Na fase inicial são propostas duas atividades, sendo elas:

- analisar dados de quantidade de peças rejeitadas;
- compilar dados.

A primeira atividade consiste em obter os dados, das quantidades de peças rejeitadas por dia, a máquina que gerou estes rejeitos, as referências de produtos que foram rejeitadas e os motivos pelos quais foram rejeitados.

Estas informações são geradas pelo processo produtivo, no qual a cada rejeito gerado é apontado pelo responsável da linha em um registro de controle, denominado Registro de Auto Controle (RAC), conforme Figura 14.

Figura 14 – Registro RAC

legrand		RAC - REGISTRO DE AUTO CONTROLE														
		FÁBRICA:			CÉLULA:					PROCESSO:						
DATA	TURNO	NOME RESPONSÁVEL	ITEM	IAC	Verificações					QTD PROD.	QTD REJEIT.	MOTIVO	Ação			
					SEQ. 1	SEQ. 2	SEQ. 3	SEQ. 4	SEQ. 5				SICATA	RETRAB.	Nº SEQ.	

Fonte: O autor (2019)

Neste registro o operador deve colocar as informações pertinentes à peça rejeitada, os motivos são classificados conforme Quadro 2.

Quadro 2 – Motivos de rejeitos

Motivo	Código
Ajuste do equipamento/ferramenta	301
Componente trocado	302
Embalagem danificada	303
Falha de montagem	304
Falha de injeção (rechupe, trinca, peça empenada)	305
Flowpack danificado (fora de posição)	306
Fora de cor	307
Manchas e pintas (pintas pretas, marcas de umidade)	308
Não liga	309
Perdas de retrabalho	310
Rebarbas	311
Reprovação de IAC	312
Peça danificada na embalagem	315
Erro de gravação	316
Acondicionamento interno errado	317
Componente metálico danificado	318
Tampografia borrada	319
Tampografia incorreta	320
Erro de gravação (laser)	321
Deformação	322
Quebra de componente	323
Mal montado	324
Falta de desparafusamento	325
Sem mola	326

Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

A tipologia de rejeitos tem como objetivo padronizar os principais motivos de não-conformidades nos produtos através da definição de códigos que facilitam o preenchimento da RAC e o lançamento dos dados no sistema.

Diariamente o responsável administrativo pela fábrica recolhe estes registros e compila os dados para uma planilha em Excel representada na Figura 15 como planilha de apontamentos, dando sequência à Fase 2.

Figura 15 – Planilha de apontamentos

Data	Local	Digitado por	TECNOLOGIA	Motivo Sucateamento	Código	Produto	Quantidade
05/06/19	FAB. 3	mullerhe	F3 - MONTAGENS	Faixa de Montagem - 304	401489007	MEC PLUGUE C/TRAVA REF S6406	7,00
05/06/19	FAB. 3	mullerhe	F3 - MONTAGENS	Faixa de Montagem - 304	AG08092AA	MECAN INTERR PARAL 10A/250V B.	5,00
05/06/19	FAB. 3	mullerhe	F3 - MONTAGENS	Faixa de Montagem - 304	G67490127	PLACA 490 1 POSTO HORIZ 4X2 8R	1,00
05/06/19	FAB. 3	mullerhe	F3 - MONTAGENS	Faixa de Montagem - 304	ED02088AA	PLACA 4X2 2 MDO	8,00
05/06/19	FAB. 3	mullerhe	F3 - MONTAGENS	Faixa de Montagem - 304	ED02105AA	SUPORTE 4X2 NEL	1,00
05/06/19	FAB. 3	mullerhe	F3 - MONTAGENS	Faixa de Montagem - 304	GH00989AA	SUPORTE 4X2 CZ	1,00
05/06/19	FAB. 3	mullerhe	F3 - MONTAGENS	Faixa de Montagem - 304	EG02831BA	BASE TOM 2P+T BA 02 - CINZA	4,00
05/06/19	FAB. 3	mullerhe	F3 - MONTAGENS	Faixa de Montagem - 304	EB02081AA	TAMPA TOMADA 10A BC	1,00
05/06/19	FAB. 3	mullerhe	F3 - MONTAGENS	Componente Metálico Danificado - 318	AG02890AA	SC CONTATO TOM BA NEREYA	20,00
05/06/19	FAB. 3	mullerhe	F3 - MONTAGENS	Faixa de Montagem - 304	002036138	ALAVANCA TOMADA 2P+T BA	2,00
05/06/19	FAB. 3	mullerhe	F3 - MONTAGENS	Faixa de Montagem - 304	037055002	ETIQ DE TENSÃO NEREYA	80,00
05/06/19	FAB. 3	mullerhe	F3 - MONTAGENS	Faixa de Montagem - 304	LA01556AA	(K) CAIXA PAP LG 150X118X130	1,00
05/06/19	FAB. 3	mullerhe	F3 - MAQ. AUT - INTERRUP	Componente Metálico Danificado - 318	054004006	MOLA 004	256,00
05/06/19	FAB. 3	mullerhe	F3 - MAQ. AUT - INTERRUP	Faixa de Montagem - 304	EE00408AA	TECLA INTERRUPTOR ZEFFIA	105,00
05/06/19	FAB. 3	mullerhe	F3 - MAQ. AUT - INTERRUP	Faixa de Montagem - 304	EB02079AA	SOBRETECLA INTERRUPTOR OXIGEN	309,00
05/06/19	FAB. 3	mullerhe	F3 - MAQ. AUT - INTERRUP	Componente Metálico Danificado - 318	T000814AB	(K) SC BALANÇIM SIMPLES	294,00
05/06/19	FAB. 3	mullerhe	F3 - MAQ. AUT - INTERRUP	Faixa de Montagem - 304	GD00632AA	DIAPHRAGMA INTERR BORNE A PARAF	145,00

Fonte: O autor (2019)

Esta planilha é a base de dados para formulação do indicador diário de PPM, na qual representa a quantidade de rejeitos por cada tecnologia (grupo de máquinas ou células de serviço).

A partir destes dados obtidos e compilados para a planilha são efetuadas diferentes análises estatísticas, por meio do Excel e do *software Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) visando identificar se há algum padrão de comportamento (seja período do ano, máquina, motivos ou tipo de produtos) que mais explicam o rejeito de peças apontadas no controle de apontamento utilizado no processo produtivo atual da organização. Com esses critérios identificados, é selecionado o grupo de controle e a técnica estatística mais adequada para a fase seguinte, de execução.

3.2.2 Fase 2: Execução

Esta fase tem como objetivo três atividades, que são:

- estudar metodologias para análise e solução de problemas;
- selecionar ferramenta mais adequada para o caso;
- aplicar metodologia para melhoria no processo.

As metodologias que auxiliam no atingimento do objetivo geral do trabalho visam controlar os impactos das atividades, melhorar o desempenho dos processos, controlar riscos e melhorar continuamente as condições de trabalho. Para isso são estudadas metodologias como: ferramentas da qualidade, análise estatística de dados e planejamento e avaliação de experimentos.

Uma vez identificado o grupo de controle na fase 1, é ajustado junto aos setores pertinentes (comercial, programação e produção) as mudanças necessárias considerando as três

etapas descritas acima. De acordo com a metodologia escolhida com a obtenção dos dados, é realizado possíveis intervenções no processo visando a redução dos índices de rejeitos.

Uma vez que estiver alinhado na organização, as peças são produzidas mediante alterações propostas e os dados anotados em planilha eletrônica permitindo que sejam avaliados estatisticamente buscando esclarecer se houveram mudanças nos resultados, por meio da fase 3.

3.2.3 Fase 3: Análise dos resultados

A etapa 3 do ciclo PDCA, consiste em analisar os resultados obtidos na fase de execução, ou seja, verificar a eficácia das ações implementadas e identificar possíveis falhas na aplicação delas. Assim, pode-se partir para um novo caso, ou aplicar melhorias no processo atual. Pretende-se obter, ao término dessa fase, um quadro comparativo demonstrando, por meio de números, o cenário antes e após a intervenção proposta.

3.2.4 Fase 4: Aplicação de melhorias

A aplicação de melhorias é realizada com base nas observações da fase 3, podendo gerar novas demandas de análise ou intervenções no processo ou ainda um plano de ação identificando ações que a organização pode efetuar visando a redução dos índices de rejeitos nas peças produzidas.

4 RESULTADOS

O capítulo quatro compreende as etapas de desenvolvimento do trabalho proposto por meio da utilização de ferramentas da qualidade, aplicação de análise estatística de dados e planejamento e avaliação de experimentos.

4.1 FASE 1: PLANEJAMENTO

A proposta inicial do trabalho consistiu em analisar os dados da quantidade de peças rejeitadas na empresa Legrand, focando na fábrica com maior índice de rejeitos que é a FIII, na qual o processo produtivo principal é a injeção.

Os dados foram compilados dos registros de apontamentos diários do ano de 2018 e 2019 até o mês de agosto. Estes dados consistem em data de produção, código de produto, tecnologia de produção, motivo do rejeito e quantidade de peças não conformes.

Inicialmente foi utilizado toda a base de dados da fábrica III, na qual os processos foram classificados de acordo com as tecnologias da produção, sendo elas: Linhas de montagem manual CM234, CM235, GM181, máquinas injetoras de grande porte, máquinas injetoras de pequeno porte, montagens automáticas MO601 e MO602, que foram convertidas em números para rodar no sistema, assim com os códigos de produtos nos quais possuíam códigos alfanuméricos foram adaptados apenas em números, os dados estão representados na Tabela 1.

Tabela 1 – Frequência por tecnologias

2018			2019		
Tecnologia	Frequência	Percentual	Tecnologia	Frequência	Percentual
5	5093	64,1	5	1377	43,3
4	1050	13,2	3	890	28
7	1032	13	6	531	16,7
1	513	6,5	4	233	7,3
3	188	2,4	7	128	4
6	37	0,5	1	18	0,6
0	33	0,4			
2	1	0			
Total	7947	100		3177	100

Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

A Tabela 1 apresenta um total de 7947 dados analisados para o ano de 2018 e um total de 3177 dados para o ano de 2019 até o mês de agosto. Através da análise estatística destes dados, observa-se que o grupo de máquina número 5 tem uma maior frequência na geração de resíduos, representando 64,1% deste índice para 2018 e 43,3% em 2019.

Nesta primeira análise realizada em toda a base de dados, nota-se uma similaridade entre os anos analisados e que os maiores índices de rejeitos estavam concentrados na tecnologia denominada injetoras de pequeno porte (tecnologia 5). Com base nisso foram estratificados apenas os dados dessa tecnologia resultando em 17 máquinas, facilitando o delineamento do experimento. Os resultados obtidos com esta estratificação estão de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 – Representatividade por máquina

2018			2019		
Item	Frequência	Percentual	Item	Frequência	Percentual
1	634	10,2	1	452	12,1
16	554	8,9	13	269	7,2
2	548	8,8	6	232	6,2
6	487	7,8	12	227	6,1
11	456	7,3	16	212	5,7
12	428	6,9	5	202	5,4
5	426	6,9	15	191	5,1
8	416	6,7	2	186	5
15	398	6,4	8	184	4,9
4	389	6,3	3	144	3,9
13	371	6	7	143	3,8
17	295	4,8	11	134	3,6
3	289	4,7	17	132	3,5
7	195	3,1	4	109	2,9
9	159	2,6	14	98	2,6
10	121	1,9	9	58	1,6
14	40	0,6	10	50	1,3
Total	6206	100		3023	100

Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Em termos de representatividade por máquina, obtém-se para 2018 a injetora 1 com percentual de 10,2% sobre as incidências em seguida a injetora 16 com 8,9%, em 2019 a injetora 1 segue com maior percentual representado em 12,1% e em seguida com a injetora 13 com percentual de 7,2%.

Realizando a análise por item, foram selecionados os itens que possuíam maior frequência em quantidades não-conformes, os quais representaram 20% sobre o total de rejeitos para o ano de 2018 contando com 6202 dados e para 2019 contando com 3732 dados, demonstrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Representatividade por item

2018			2019		
Item	Frequência	Percentual	Item	Frequência	Percentual
15300	190	3,1	15300	265	7,1
2300	158	2,5	15700	91	2,4
26100	130	2,1	15900	73	2,0
17300	125	2,0	67630125	69	1,8
67356129	85	1,4	15200	65	1,7
79191137	82	1,3	40300	56	1,5
67380128	80	1,3	79191137	55	1,5
67343126	77	1,2	15400	50	1,3
80018122	75	1,2	16000	46	1,2
67630125	74	1,2			
67496123	74	1,2			
15900	66	1,1			
2600	65	1,0			
Total	1281	20,6		770	20,5

Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

As análises de dados com relação aos motivos que ocasionaram os rejeitos estão descritas na Tabela 4.

Tabela 4 – Representatividade por motivo

2018			2019		
Motivo	Frequência	Percentual	Motivo	Frequência	Percentual
305	3689	46,4	305	1080	34,0
308	2038	25,6	308	637	20,1
307	1122	14,1	307	300	9,4
311	7	0,1	311	1	0
322	1	0			
Total	6857			2018	

Fonte: Elaborada pelo autor (2019)

Da mesma forma o comportamento é similar entre os anos de 2018 e 2019, indicando como principal ofensor em termos de frequência de rejeitos o motivo 305, considerado falhas de injeção, seguido pelo 308 caracterizado por manchas ou pintas pretas e após o motivo 307 denominado fora de cor.

Considerando as análises estatísticas descritivas que foram realizadas por meio do banco de dados extraído, delimita-se a região de atuação como sendo a fábrica III, nas máquinas injetoras de pequeno porte, considerando o motivo 307 por ser mensurável em leitura colorimétrica.

4.2 FASE 2: EXECUÇÃO

Para dar início à fase de execução, optou-se por trabalhar em quatro etapas para caracterizar o problema, identificar e analisar os fatores que podem influenciar na solução e propor um modelo de aplicação para a solução do problema.

4.2.1 Ouvir a voz do cliente

Nesta primeira etapa, consistiu-se em ouvir a voz do cliente, para isso foi realizado um *Brainstorming* com a equipe multifuncional designada à redução do índice de PPM da empresa, esta equipe é composta por dois analistas da qualidade, um analista de métodos e processos, um preparador de injetora, um operador de injetora e um analista de matrizaria.

Com o foco no motivo de rejeito 307 (fora de cor) no desenvolvimento do *Brainstorming* foram levantados quais os fatores que poderiam influenciar no experimento em termos de tonalidade das peças, sendo eles relacionados abaixo:

- a) transporte do material até a injetora;
- b) mistura de matéria-prima e pigmento no dosador;
- c) posição do dosador de matéria-prima e pigmento;
- d) diferentes marcas de dosadores;
- e) densidade da matéria-prima e pigmento;
- f) contaminação no pigmento;
- g) granulometria do pigmento;
- h) temperatura.

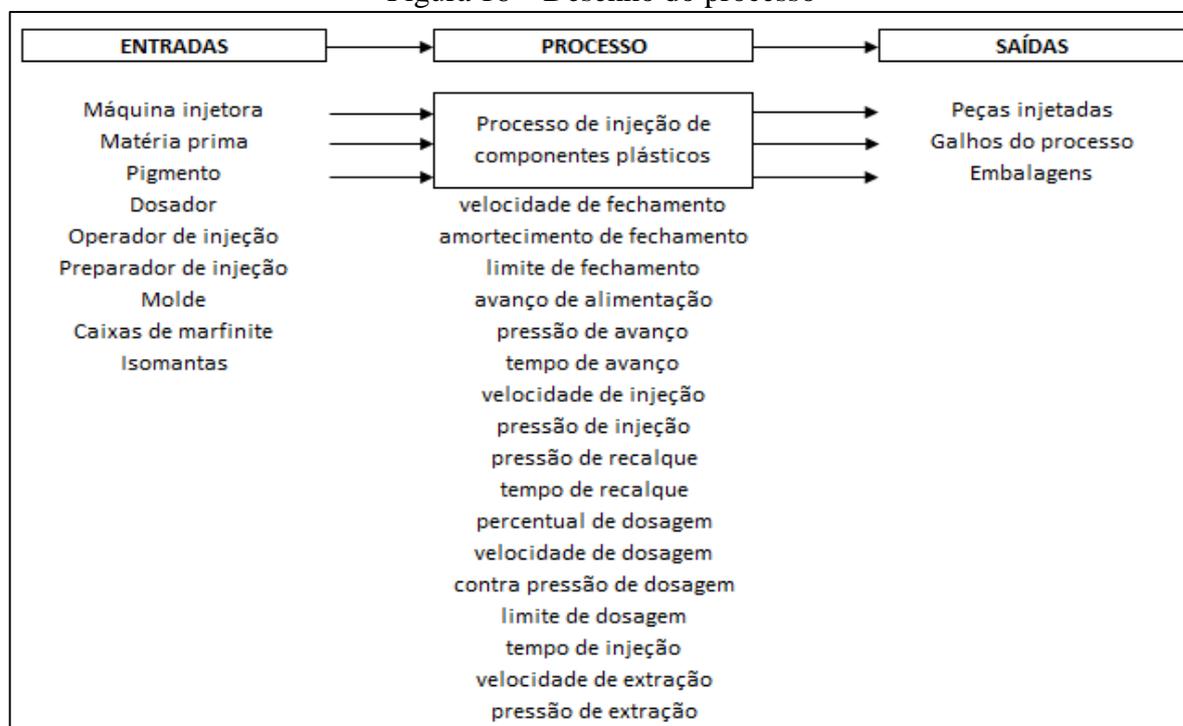
A qualidade do produto injetado depende basicamente de três fatores principais, que são: material, molde ou processo.

O material tem influência apenas em uma faixa de variação pré estabelecida, caso processos e molde estão bem estabelecidos não causam problemas. Para o molde também não há uma quantidade significativa de variáveis que possam impactar diretamente o produto e estas podem ser facilmente monitoradas. Já no caso do processo é onde existe uma quantidade maior de variáveis que podem influenciar diretamente na concepção do produto ou desempenho do mesmo.

Assim, para um melhor entendimento da relação dos fatores com o problema em questão, foi realizado um desenho do processo de injeção, conforme a representação da Figura

16, no qual foram definidas as entradas, a definição e variáveis do processo, bem como as saídas dele.

Figura 16 – Desenho do processo



Fonte: O autor (2019).

Após descritas todas as variáveis possíveis no processo de injeção, para seguimento do experimento, foram consideradas apenas as variáveis que podem influenciar no motivo fora de cor, definidas na etapa seguinte.

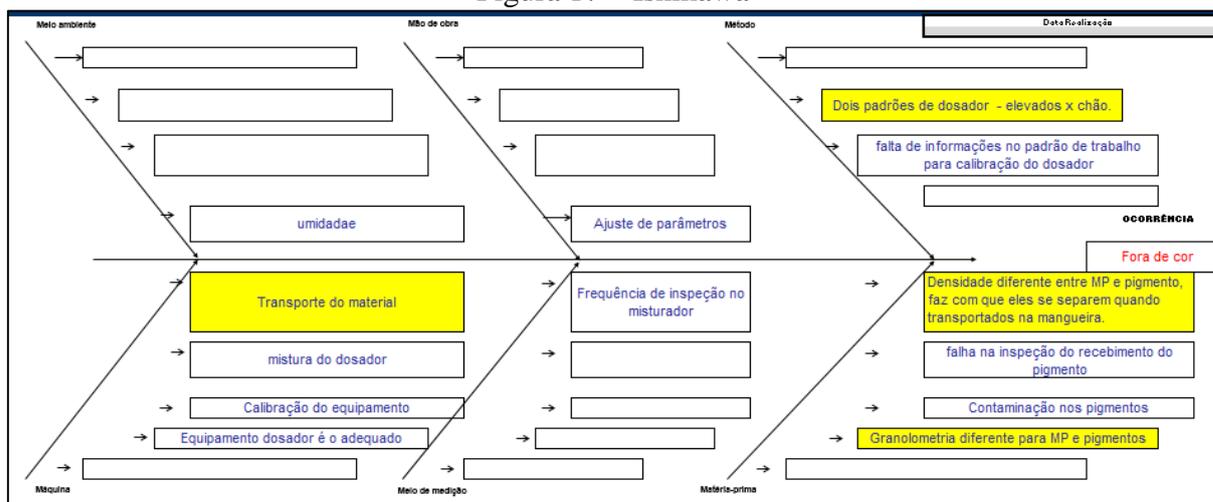
4.2.2 Ouvir a voz do engenheiro

A partir desta etapa foram definidas as variáveis controláveis e não-controláveis, as hipóteses e a variável resposta do experimento, conforme realizado no *Brainstorming* e pela análise estatística dos dados o motivo escolhido é o 307 (fora de cor).

Para chegar à uma causa raiz do motivo de rejeito fora de cor, o grupo optou por utilizar a ferramenta de Ishikawa.

Os principais fatores que tem influência sobre o índice de rejeitos pelo motivo fora de cor, foram classificados de acordo com a aplicação da ferramenta de Ishikawa ilustrado na Figura 17, sendo: o transporte do material do dosador até a injetora, as posições dos dosadores sobre as máquinas, a densidade e granulometria de matéria-prima ou pigmento.

Figura 17 – Ishikawa



Fonte: O autor (2019).

Para a realização do experimento foi injetado o item EB02082AA que é uma tampa de tomada, nas máquinas 07 e 17 que possuem as mesmas características, porém com a posição dos dosadores diferentes representados na Figura 18 e 19 respectivamente.

Figura 18 – Injetora 07



Fonte: O autor (2019)

Na injetora 07 a posição do dosador é embaixo (no chão), no qual depende de uma turbina para transportar o material contido nele até a injetora.

Figura 19 – Injetora 17



Fonte: O autor (2019)

Já na injetora 17, o dosador está posicionado sobre a máquina o qual o transporte do material para a injetora é realizado por meio de gravidade.

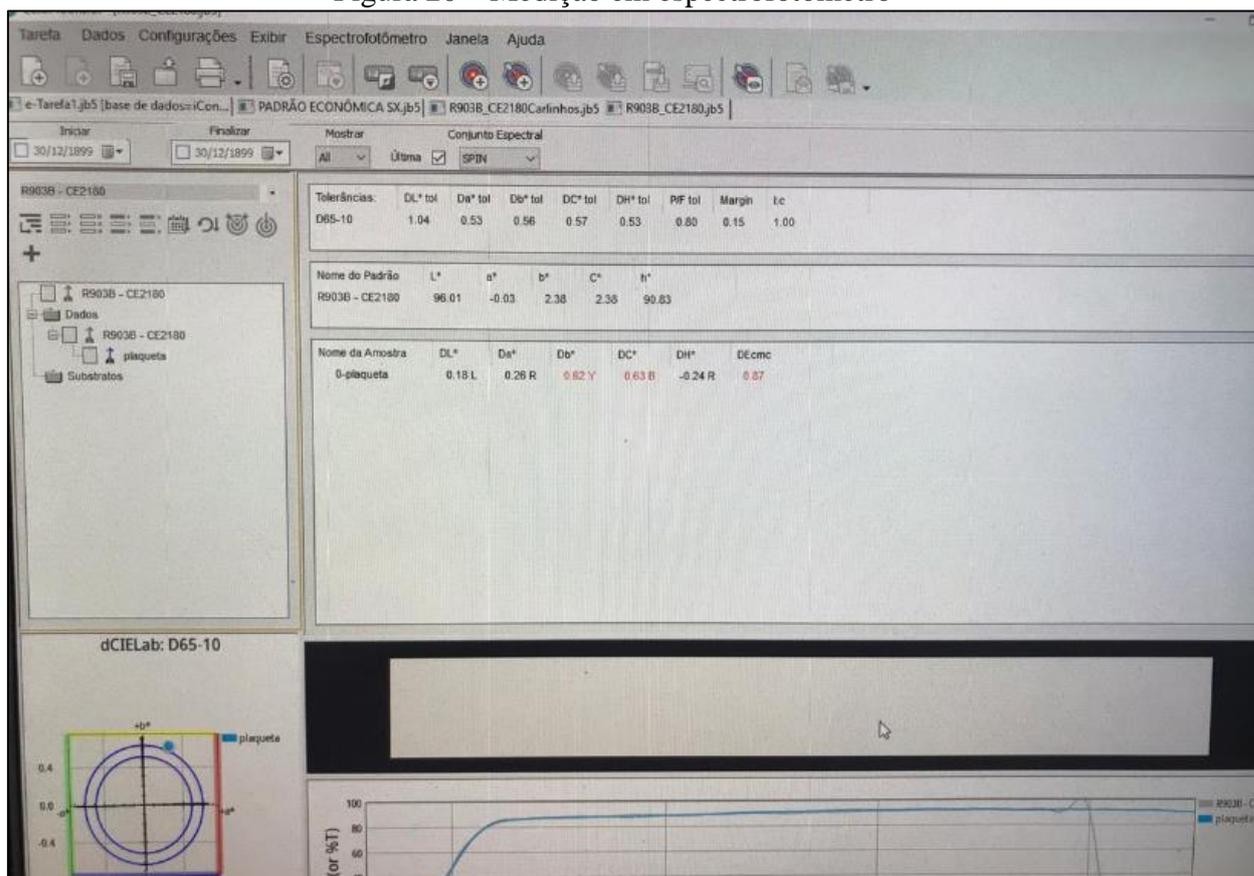
Sendo assim, a variável resposta (Y) em consenso com o grupo de trabalho ficou definida como sendo rejeito de peças pelo motivo fora de cor e as suas hipóteses são:

- a) H_0 = Não há diferença significativa da cor do produto em função da máquina injetora utilizada;
- b) H_1 = Há diferença significativa da cor do produto em função da máquina injetora utilizada.

4.2.3 Execução

Para execução do experimento proposto, foram produzidas 1000 peças do item EB02082AA (tampa para tomada 20A branca) nas injetoras 07 e 17, nas quais foram coletadas 50 amostras de cada situação, e medidas em espectrofotômetro, de acordo com a Figura 20.

Figura 20 – Medição em espectrofotômetro



Fonte: O autor (2019)

Para cada cor de pigmento é cadastrado um padrão (curva espectral) no equipamento, o padrão de cor cadastrado para a cor branca possui tolerância de 0,8 e considera-se aprovada a cor se a medida for igual ou menor que a tolerância, ou seja, quanto mais próximo de zero estiver a medida, mais próximo do padrão ela está. Caso a medida fique acima da tolerância a peça é considerada rejeitada.

Os resultados obtidos com a leitura colorimétrica no equipamento estão relacionados no Quadro 3, o qual foi colocado as medidas obtidas nas 50 amostras coletadas para cada fator de controle.

Quadro 3 – Resultados da leitura colorimétrica

Amostra	Injetora 07	Injetora 17
01	0,77	0,58
02	0,72	0,68
03	0,70	0,71
04	0,71	0,52
05	0,80	0,73
06	0,89	0,78
07	0,80	0,88
08	0,75	0,75
09	0,77	0,72
10	0,91	0,63
11	0,71	0,70
12	0,76	0,82
13	0,72	0,66
14	0,69	0,69
15	0,82	0,72
16	0,80	0,67
17	0,86	0,55
18	0,80	0,61
19	0,88	0,68
20	0,78	0,63
21	0,90	0,54
22	0,77	0,59
23	0,79	0,73
24	0,75	0,84
25	0,64	0,79
26	0,87	0,76
27	0,72	0,68
28	0,81	0,79
29	0,76	0,90
30	0,79	0,75
31	0,80	0,69
32	0,92	0,57
33	0,79	0,64
34	0,63	0,69
35	0,70	0,51
36	0,72	0,68
37	0,82	0,60
38	0,78	0,58
39	0,68	0,62
40	0,75	0,49
41	0,85	0,63
42	0,86	0,57
43	0,70	0,44
44	0,62	0,76
45	0,71	0,65
46	0,68	0,71
47	0,64	0,47
48	0,73	0,58
49	0,78	0,75
50	0,77	0,58

Fonte: O autor (2019)

4.3 FASE 3: ANÁLISE DOS RESULTADOS

De acordo com as leituras realizadas, obtiveram-se 12 peças reprovadas para a injetora 07 e 04 peças reprovadas para a injetora 17.

Ao proceder com o teste *Anova One-Way* por meio do *software* SPSS versão 21, considerando Y como a medida da leitura da cor e o fator de controle a injetora, variada em dois níveis, encontrou-se o resultado apresentado no Quadro 4.

Quadro 4 – Resultado ANOVA

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,255 ^a	1	,255	31,876	,000
Intercept	51,481	1	51,481	6434,668	,000
Injetora	,255	1	,255	31,876	,000
Error	,784	98	,008		
Total	52,520	100			
Corrected Total	1,039	99			

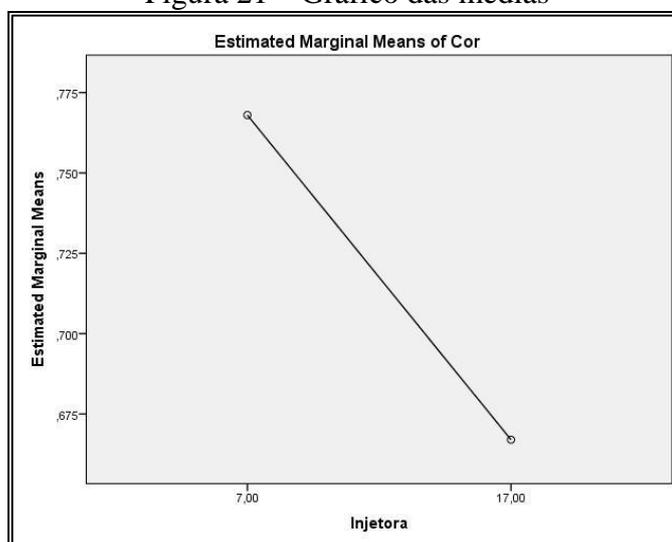
a. R Squared = ,245 (Adjusted R Squared = ,238)

Fonte: O autor (2019)

Por meio da análise do Quadro, percebe-se que existe diferença significativa entre as leituras da cor realizadas nas peças injetadas por ambas máquinas, ou seja, aceita-se a hipótese alternativa, de que a posição dos dosadores nas máquinas injetoras influencia na cor injetada do produto final.

Considerando que quanto menor a leitura da cor é melhor para o processo, a máquina a ser usada deve ser a Injetora 17, conforme ilustra a Figura 21.

Figura 21 – Gráfico das médias



Fonte: O autor (2019)

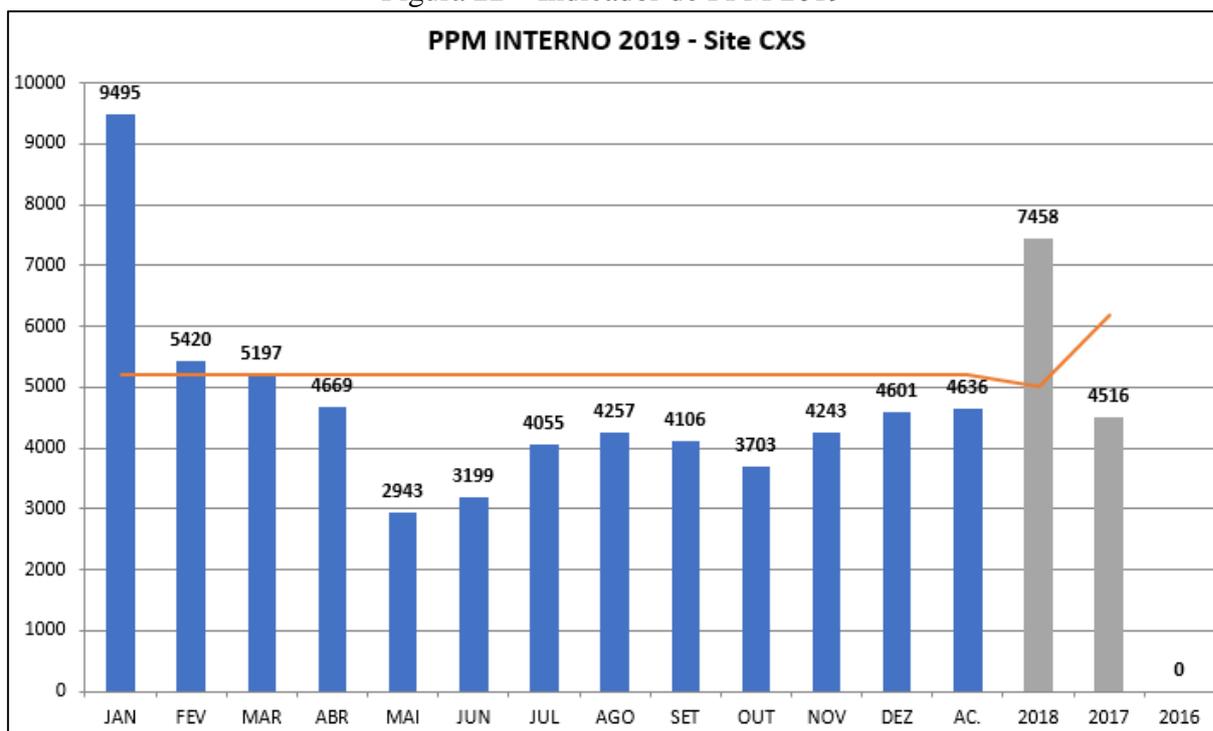
Logo, com 95% de confiança, a recomendação para a empresa é de que produza as peças do item EB02082AA, que é uma tampa de tomada, na injetora 17, que possui o dosador sobre a máquina.

4.4 FASE 4: MELHORIAS

De acordo com as análises da etapa anterior, recomenda-se de imediato uma restrição da produção do item EB02082AA (tampa de tomada) na injetora 17 que possui um índice menor de rejeitos. Para isto faz-se necessário a comunicação entre o PCP para que a programação do molde fique vinculada à esta máquina. O monitoramento dos índices de rejeitos se dará através do acompanhamento diário dos indicadores de qualidade durante as reuniões que ocorrem nas fábricas para debater as ocorrências do dia anterior e assim propor ações corretivas.

Tendo em vista já uma evolução no índice de rejeitos das peças, através do gráfico de PPM referente à 2019, conforme Figura 22.

Figura 22 – Indicador de PPM 2019



Fonte: O autor (2019).

A representatividade da referência EB02082AA sobre a quantidade de peças produzidas em toda a empresa é de 0,36%, desta forma propõe-se a realização de novos experimentos para outros itens das máquinas com altos índices de rejeitos pelo motivo fora de

cor, e assim a realização de um estudo de viabilidade para que os dosadores fiquem sobrepostos às máquinas de forma que facilite o transporte de material.

Para obtenção de um resultado significativo para o indicador da empresa, o experimento pode ser aplicado para outros itens com as mesmas características de defeitos e variações de máquinas, ou até mesmo para outros processos da empresa.

5 CONCLUSÃO

Atualmente o cenário em que as empresas estão inseridas, cada vez mais torna-se necessário estratégias voltadas ao fortalecimento de mercado e redução de desperdícios, entre estas estratégias a qualidade do produto tornou-se parte vital na visão de mercado. Partindo do princípio da qualidade dos produtos e processos da empresa, o trabalho foi desenvolvido em função da redução do índice de rejeitos nos processos nela contidos, realizando análises estatísticas dos dados evidenciando as falhas e suas causas por meio das ferramentas da qualidade.

Através das ferramentas utilizadas no trabalho, pode-se refinar os dados, focando em processos mais críticos e através disso analisar as causas e aplicar metodologias para a solução de problemas, foi possível verificar quais equipamentos são mais sensíveis a alguns fatores, bem como quais variáveis tem influência sobre o problema escolhido.

Com base nas aplicações das ferramentas, observa-se que os objetivos do trabalho foram alcançados. Em comparativo com o indicador de PPM de 2018, pode-se observar uma evolução no indicador de 2019.

Através do experimento foi possível evidenciar uma diferença significativa em relação ao percentual de rejeitos entre máquinas e torna perceptível a necessidade de mudança de alguns processos, e que devido à dificuldade na aplicação em função da programação da produção da empresa não foi possível aplicar em tempo hábil para os processos mais críticos da mesma.

Pode-se observar que mesmo em uma parcela dos processos da empresa, a aplicação do planejamento de experimentos foi satisfatória, permitindo a tomada de decisão em relação à produção de um determinado item em uma máquina específica na qual irá ter uma redução no índice de rejeitos, e por consequência a redução de desperdícios para a empresa.

Sugere-se inicialmente a aplicação da análise de experimentos para as demais máquinas injetoras que possuem itens com índices elevados de rejeitos, e posteriormente a aplicação nos demais processos da empresa.

REFERÊNCIAS

ALEGRE, Helena; BAPTISTA, Jaime Melo; CABRERA, Enrique; CUBILO, Francisco; DUARTE, Patrícia; HIRNER, Wolfram; MERKEL, Wolf; PARENA, Renato. **Performance indicators for water supply services**. Londres: IWA Publishing, 2006.

BARROS, Elsimar; BONAFINI, Fernanda. **Ferramentas da qualidade**. São Paulo: Person Education do Brasil, 2014.

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Gestão da qualidade: conceitos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 2016.

CHIAVENATO, Idalberto. **Administração nos novos tempos: os novos horizontes em administração**. Barueri: Manole, 2014.

CHIROLI, Daiane. **Avaliação de sistemas da qualidade**. Curitiba: Intersaberes, 2016.

CUSTODIO, Marcos F. **Gestão da qualidade e produtividade**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2015.

DEFEO, Joseph A; JURAN Joseph M. **Fundamentos da qualidade para líderes**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

DELLARETTI FILHO, Osmário; DRUMOND, Fátima. **Itens de controle e avaliação de processos**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1994.

GOMES, Luiz Flavio Autran Monteiro; GOMES, Carlos Francisco Simões. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério**. São Paulo: Atlas, 2014.

LEGRAND. Site Institucional. Disponível em: < <https://www.legrand.com.br>>. Acesso em: 17 jun. 2019.

LEGRAND. Catálogo de produtos. Disponível em: < <https://www.legrand.com.br>>. Acesso em: 17 jun. 2019a.

MASCARENHAS, Sidnei. **Metodologia científica**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012.

MELLO, Carlos Henrique Pereira. **Gestão da qualidade**. São Paulo: Person Education do Brasil, 2011.

MONTGOMERY, Douglas C. **Estatística aplicada à engenharia**. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

MONTGOMERY, Douglas C.; RUNGER, George C.; HUBELE, Norma Faris. **Estatística aplicada à engenharia**. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

MONTGOMERY, Douglas C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

MÜLLER, Cláudio J. **Planejamento estratégico, indicadores e processos: uma integração necessária.** São Paulo: Atlas, 2014.

OHNO, Taiichi. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Bookmann, 1997.

PEREIRA, Lara de Bretas; FONSECA, João Gabriel Marques. **Faces da decisão: abordagem sistêmica do processo decisório.** Rio de Janeiro: LTC, 2009.

SELEME, Robson; STADLER, Humberto. **Controle da qualidade: e as ferramentas essenciais.** Curitiba: Intersaberes, 2012.

ROCHA, Telma; GOLDSCHIMIDT, Andrea. **Gestão dos stakeholders.** São Paulo: Saraiva, 2010.

WALPOLE, Ronald E.; MYERS, Raymond H.; MYERS, Sharon L.; YE, Keying. **Probabilidade e estatística para engenharia e ciências.** São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.