

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

DIESLEY VICTOR CARVALHO LIMA

**ANÁLISE DA CAPACIDADE DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE
FRASCOS DE PLÁSTICOS: UM ESTUDO DE CASO EM UMA
EMPRESA DE EMBALAGENS**

PROJETO DE TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO

Medianeira
2017

DIESLEY VICTOR CARVALHO LIMA

**ANÁLISE DA CAPACIDADE DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE
FRASCOS DE PLÁSTICOS: UM ESTUDO DE CASO EM UMA
EMPRESA DE EMBALAGENS**

Projeto de Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação, em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial à disciplina de TCC2.

Orientador: Prof. Dr. José Airton A. dos Santos

Co-Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Carla A. P. Schmidt

MEDIANEIRA
2017



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO
PARANÁ
CAMPUS MEDIANEIRA

Diretoria de Graduação
Curso de Graduação em Engenharia de Produção



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DA CAPACIDADE DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE FRASCOS DE PLÁSTICOS: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA DE EMBALAGENS

Por

DIESLEY VICTOR CARVALHO LIMA

Este projeto de trabalho de conclusão de curso foi apresentado às..... H do dia De De 201..... como requisito parcial para aprovação na disciplina de tcc1, da universidade tecnológica federal do paraná, campus medianeira. O candidato foi arguido pela banca examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o projeto para realização de trabalho de diplomação aprovado.

Prof. Dr. José Airton dos Santos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Me. Ivair Marchetti
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Carla.A. P. Schmidt
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Me. Milton Soares
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

AGRADECIMENTOS

Aos Professores Orientadores, braço amigo de todas as etapas deste trabalho.

A minha família, pela confiança e motivação.

Aos amigos e colegas, pela força e pela vibração em relação a esta jornada.

Aos professores e colegas de Curso, pois juntos trilhamos uma etapa importante de nossas vidas.

Aos profissionais entrevistados, pela concessão de informações valiosas para a realização deste estudo.

A todos que, com boa intenção, colaboraram para a realização e finalização deste trabalho.

RESUMO

LIMA, DIESLEY VICTOR CARVALHO. **Análise Da Capacidade Do Processo De Fabricação De Frascos De Plásticos: Um Estudo De Caso Em Uma Empresa De Embalagens.** 2017. Monografia (Bacharel Em Engenharia De Produção) - Universidade Tecnológica Federal Do Paraná.

Em um mercado altamente competitivo as empresas estabelecem metas e buscam a melhoria continua de seus produtos e processos. Dessa forma é comum a aplicação das ferramentas da qualidade para atingir tais metas. Estas ferramentas destacamse pelo aumento da qualidade dos produtos, por meio de uma análise estatística dos dados coletados do processo. Diante do exposto, o estudo realizado em uma indústria de embalagens, teve como foco específico analisar e verificar as principais causas de variabilidade do peso de frascos plásticos, por meio de gráficos de controle e cálculo da capacidade do processo. Para tanto, foram pesados trezentos e quatro frascos de 100 mililitros. Verificou-se que o índice de capacidade C_{pk} , está abaixo de um, o que classifica o processo como não capaz.

Palavras-chave: Capacidade do Processo; Gráficos de Controle; Qualidade.

ABSTRACT

LIMA, DIESLEY VICTOR CARVALHO. **Analysis Of The Capacity Of The Manufacture Of Plastic Bottles Process: A Case Study In A Packaging Company.** 2017. Monography (Bachelor In Industrial Engineering) Federal Technological University Of Paraná.

In a highly competitive market, companies set goals and seek continuous improvement of their products and processes. Therefore, it is common to apply quality tools to achieve these goals. These tools stand out by increasing the quality of the products, through a statistical analysis of the collected data of the process. Considering the above, the study was carried out in a packaging industry and had as specific focus to analyze and verify the main causes of weight variability of plastic bottles, by applying control charts and calculating the process capacity. For that, three hundred and four bottles of 100 milliliters were weighed. It has been found that the capacity index (Cpk) is below one, which classifies the process as not capable.

Keywords: Process Capacity; Control Charts; Quality

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Histograma	22
Figura 2: Gráfico de controle	23
Figura 3 – Gráfico de Pareto	24
Figura 4– Diagrama de causa e efeito.....	25
Figura 5– Frascos Plásticos.	26
Figura 6 – Esquema de produção de peças por extrusão sopro	28
Figura 7 – Fluxo do processo de fabricação de frascos plásticos de 100 ml.....	30
Figura 8 – Gráfico de controle.	31
Figura 9 – Zonas A, B e C do gráfico de controle.....	31
Figura 10 – Fatores para cálculo dos limites de controle.	33
Figura 11 – Boxplot.	36
Figura 12 – Gráficos de controle – dia 20/03/2017.....	37
Figura 13 – Gráficos de controle – dia 22/03/2017.....	39
Figura 14 – Gráficos de controle sem causas especiais – dia 20/03/2017.....	40
Figura 15 – Outros padrões de causas especiais.....	40
Figura 16 – Distribuição dos dados em torno da reta que indica normalidade.	41
Figura 17– Histograma e Índice de Capacidade C_{pk}	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Interpretação do Índice Cpk.....	34
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Peso dos fracos plásticos, em gramas, coletados na empresa – 20/03/2017.	35
Tabela 3 – Identificação de outliers.	37
Tabela 4 – Peso dos fracos plásticos, em gramas, coletados na empresa – 22/03/2017.	38

LISTA DE SIGLAS

CEP	Controle Estatístico do Processo
C_{pk}	Índice de Capacidade
LC	Limite Central
LIC	Limite Inferior de Controle
LSC	Limite Superior de Controle
MI	Mililitros

LISTA DE SÍMBOLOS

γ	Coeficiente de atenuação da função da onda do elétron no óxido
λ	Parâmetro de ajuste para modulação do comprimento do canal
σ	Efeito DIBL
θ	Parâmetro de entrada para ajuste de mobilidade
ϵ_{Si}	Permissividade elétrica do silício
μ_0	Mobilidade dos portadores para o campo elétrico longitudinal transversal desprezíveis
μ_{ef}	Mobilidade efetiva com o campo elétrico transversal
ϕ_S	Potencial de superfície

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3 REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 PROCESSO.....	16
3.2 VARIABILIDADE.....	16
3.3 QUALIDADE	18
3.4 GESTÃO DA QUALIDADE	19
3.5 CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO	19
3.5.1 FERRAMENTAS DA QUALIDADE	20
3.5.1.1 FOLHA DE VERIFICAÇÃO.....	21
3.5.1.2 FLUXOGRAMA.....	21
3.5.1.3 HISTOGRAMAS	21
3.5.1.4 GRÁFICO DE CONTROLE.....	23
3.5.1.5 DIAGRAMA DE PARETO	24
3.6 FRACOS PLÁSTICOS	26
3.6.1 MOLDAGEM DE PLÁSTICOS	27
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
4.1 A EMPRESA	29
4.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO	29
4.3 CARTAS DE CONTROLE.....	30
4.4 GRÁFICOS DE MÉDIA E AMPLITUDE	32
4.5 CAPACIDADE DO PROCESSO.....	33
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
5.1 COLETA E TRATAMENTO DE DADOS.....	35
5.1.1 INTERPRETAÇÃO DA ESTABILIDADE DO PROCESSO	37
5.1.2 INTERPRETAÇÃO DA CAPACIDADE DO PROCESSO.....	41
6 CONCLUSÃO.....	43
7 REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, desenvolver produtos e serviços com qualidade é uma condição essencial para as empresas manterem-se no mercado. Busca-se constantemente a estabilidade dos processos e a fabricação de produtos de qualidade. Quanto maior a redução na variação de um processo melhor será seu desempenho.

Desenvolver produtos e serviços com qualidade é essencial para que as organizações consigam manter-se no mercado. Em um mercado cada vez mais competitivo é necessário satisfazer as necessidades do cliente procurando diferenciar-se da concorrência. Portanto, é fundamental que as organizações busquem melhores níveis de qualidade, para seus processos e produtos, aplicando as ferramentas de Controle Estatístico de Processos (CEP).

Segundo Taguchi (1988), com a utilização das ferramentas adequadas, torna-se possível a identificação do problema e lacunas do processo e, com estas informações, desenvolver um plano de ação a fim de eliminar o problema e estabelecer metas a serem atingidas.

Pode-se considerar o CEP como um conjunto de ferramentas de monitoramento da qualidade. Com estas ferramentas consegue-se uma descrição detalhada do comportamento do processo, identificando sua variabilidade e possibilitando seu controle ao longo do tempo. De acordo com Toledo (2006), as principais técnicas de suporte ao CEP são: Folha de Verificação; Fluxogramas; Histograma; Gráficos de Controle (Gráficos de Shewhart); Diagrama de Pareto; Diagrama de Causa e Efeito/ Espinha de Peixe/ 6M.

As ferramentas principais utilizadas no controle estatístico de processos, cartas ou gráficos de controle, têm como objetivo detectar desvios de parâmetros representativos do processo, reduzindo a quantidade de produtos fora de especificações e os custos de produção (OLIVEIRA; 2013).

Este trabalho é organizado da seguinte maneira. Na Seção 2 tem-se os objetivos do trabalho, na seção 3 apresenta-se uma revisão de literatura sobre o CEP. Na Seção 4 é descrita a metodologia empregada na análise da variabilidade do peso dos frascos plásticos. Na Seção 5 são apresentados os resultados obtidos quando da aplicação da metodologia em questão a um conjunto de dados reais (304 pesos de

frascos plásticos), juntamente com os resultados obtidos no software Statistica 11.0. Comentários finais e conclusões, na Seção 6, finalizam o trabalho.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar e analisar, por meio de técnicas de controle da qualidade, o processo de produção de frascos plásticos em uma empresa de embalagens.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Construir um fluxograma do processo de produção dos frascos plásticos;
- b) Obter medições dos pesos dos frascos plásticos;
- c) Construir gráficos de controle;
- d) Analisar a capacidade do processo de fabricação.

3 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura abordará os seguintes tópicos: Processo; Variabilidade; Qualidade; Controle Estatístico de Processo e Frascos Plásticos.

3.1 PROCESSO

De acordo com Campos (1992), processo é um agrupamento de causas (matérias primas, equipamentos, etc.) que geram um ou mais efeitos (produtos). O processo é conduzido através dos seus efeitos, onde os itens de controle de um processo são índices numéricos estipulados sobre os efeitos de cada processo para avaliar a sua qualidade total.

Um processo pode ser definido como uma série ordenada de ações norteadas para o alcance de uma meta, e que sobre condições de operação é capaz responder aos clientes e suas necessidades. Tal definição pode ser empregada a qualquer tipo de processo em todas as suas aplicabilidades, incluindo ações humanas e instalações físicas, no que se refere ou não a fabricação (JURAN, 1992).

Os processos são capazes de receber análises para novas atividades, que ainda serão estabelecidas, ou para as já existentes, podendo tanto desenvolver uma nova operação mais eficiente quanto eficaz, relacionadas com as quais já vem sendo executadas, dessa forma não existe processo que não possa ser otimizado (PEINADO; GRAEML, 2007).

3.2 VARIABILIDADE

Qualquer produto e/ou serviço está sujeito a uma variabilidade inevitável devido a variações resultantes de fatores que compõem um processo. De forma geral, dizemos que a variabilidade é consequência de alterações nas condições sob as quais as observações são tomadas. Tais alterações simbolizam as fontes de variações

existentes por meio de matérias primas, situação dos equipamentos, procedimentos de trabalho, fatores ambientais e humano envolvido no processo. Qualquer um desses elementos, causadores de variação, contribui um pouco na variabilidade do processo (ALVES, 2003).

Segundo Mucidas (2010), os principais tópicos que devem ser analisados referentes a causas da produção são:

- a) Especificações dos equipamentos utilizados no processo produtivo e as manutenções realizadas.
- b) Se a qualidade dos fatores que compõem o processo (pessoas e equipamentos) são adequados.
- c) Informes entre setores, verificando se as informações são passadas de um setor para o outro com conteúdo real e em tempo hábil.
- d) Características do ambiente, referentes à temperatura e circulação de pessoal.
- e) Descrição do processamento na empresa, avaliando informações referentes a *setups*, temperaturas de processamento e qualidade da matéria-prima.

Segundo Costa, Epprecht e Carpinetti (2010), as causas podem ser separadas em dois tipos: causas aleatórias e causas especiais. A primeira é composta por pequenas perturbações que ocasiona uma variabilidade natural, e que não permitem serem solucionadas, há poucas coisas as quais possam ser feitas em relação a elas. As causas especiais são perturbações maiores não naturais, e estão fora dos padrões previstos, podendo assim, serem restauradas e/ou eliminadas.

Para Montgomery (2009), variabilidade é sinônimo de desperdício de tempo, esforços e dinheiro. Ele destaca que o controle estatístico de processos é um agrupamento de ferramentas úteis para alcançar a estabilidade de um processo e aumentar sua capacidade por intermédio da redução da variabilidade.

Os termos estatísticos podem expor a variabilidade, o controle estatístico de processo é um dos artifícios estatísticos utilizados para análise e otimização do comportamento dos processos, resultando em uma boa parte do impulso para a melhoria da qualidade, e conseqüentemente a limitação da variabilidade (MONTGOMERY, 2013).

3.3 QUALIDADE

Campos (1992), define qualidade como sendo um produto ou serviço que atenda às necessidades do cliente de forma confiável, acessível, segura e no tempo certo.

Para Peladini, Bouer e Ferreira (2012), a qualidade pode ser entendida com uma relação de consumo entre mercado e organização. Ela não limita-se ao processo produtivo, a forma de trabalho ou ao processo e/ou produto em questão, ela vai além de tudo isso.

Qualidade é um agrupamento de atributos que atendem os objetivos para qual foi concebido dentro de suas especificações, tais como: segurança, confiabilidade, resistência, durabilidade entre outras que se pretende atender. Desta forma, para atingir a qualidade, deve-se priorizar investimentos na qualidade do processo produtivo do produto ou serviço em questão, além de acompanhar o ciclo de vida do produto desde seu desenvolvimento até o pós venda. É necessário mencionar alguns atributos ao produto de maneira que o mesmo atenda, com êxito, tais pontos conforme suas especificações detalhadas no projeto (FEIGENBAUM, 1986).

De acordo com Feigenbaum (1994), a qualidade em um produto é fundamental para a decisão do consumidor. Isto faz com que as organizações invistam cada vez mais em programas de qualidade, pois estes geram excelente rentabilidade nas organizações, que podem ser explicadas por uma melhora total da produtividade, redução dos custos relacionados a qualidade e aumento da competitividade.

Quando as empresas investem em programas de qualidade melhoram seus produtos e serviços gerando uma satisfação nos clientes. A falta de qualidade ocasiona sérias complicações, podendo ser notada no desperdício de mão-de-obra, de materiais/insumos e de tempo. Fatores que contribuem para aumentar custos de produção (MOURA, *et. al*, 2010).

A ausência e/ou carência de qualidade ocasiona grandes desperdícios como: perdas nas vendas em razão da competitividade na qualidade, múltiplos custos, devido à baixa qualidade, resultando em refugos, reclamações, retrabalhos entre outras (JURAN, 1992).

3.4 GESTÃO DA QUALIDADE

Na engenharia de qualidade, há conceitos e técnicas que tem por intuito aumentar a performance e produtividade durante as etapas de pesquisa, planejamento e desenvolvimento de produtos, sendo que um destes conceitos é o projeto robusto, o qual colabora para que o produto tenha alta qualidade, visando um gasto mínimo de custos. Desta forma, o projeto tende a maximizar a qualidade de um produto minimizando os efeitos causados por variabilidade do produto e/ou processo (TAGUCHI, 1988).

A gestão da qualidade desenvolveu-se durante o século XX, passando por diversos estágios: inspeção do produto, controle do processo, princípios de garantia da qualidade e gestão da qualidade total. A gestão da qualidade total (TQM – *Total Quality Management*) e os sistemas de gestão da qualidade da série ISO 9000 são resultados consideráveis dessa evolução, que tem sido amplamente adotada por diversas organizações. Compondo parte da estratégia das empresas para conseguir e/ou aumentar sua competitividade (CARPINETTI *et al.*, 2007).

Para Faria (2008), a implementação de sistemas de gestão da qualidade na organização possibilita diminuir o número de produtos e/ou serviços fora de especificações, limitar e/ou eliminar retrabalhos, aumentar a qualidade dos produtos e/ou serviços e diminuir o número de medições e inspeções. Sua implementação favorece o clima motivacional dos trabalhadores, o controle dos processos e atendimento aos requisitos e as necessidades e exigência dos clientes. Assim, por meio da gestão da qualidade é possível aumentar a produtividade das instituições, a satisfação dos clientes, resultando em competitividade no mercado.

3.5 CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO

De acordo com Faria (2008), Controle Estatístico de Processo (CEP) é uma ferramenta que se originou da Estatística e da Engenharia de Produção que utiliza técnicas e habilidades para fornecer um parâmetro de avaliação da estabilidade do

processo. O CEP é utilizado para controlar a qualidade nas etapas do processo, mais precisamente em casos de processo de produção repetitivo.

O princípio do CEP é intervir no processo produtivo procurando evitar os defeitos de maneira preventiva, não importando de onde eles possam manifestarse. Além do que utiliza recursos estatísticos, principalmente para a análise e tratamento das informações e dados obtidos no processo (PALADINI, 1990).

É um método preventivo de se contrastar continuamente os resultados de um processo com um padrão. Procurando identificar a partir dos dados estatísticos, tendências para variações consideráveis, procurando eliminar ou controlar tais variações com o objetivo de reduzi-las progressivamente (REIS, 2001).

Dessa forma as variações existentes no processo produtivo devem ser reduzidas continuamente. Em um ambiente onde a busca por excelência é uma atitude presente em todas as etapas do processo. Se a variabilidade é constante, ou mesmo crescente é certo o aumento do número de refugos e em consequência há a perda competitiva de mercado. Isto é um fator notório pois as organizações buscam maximizar seus lucros e minimizar suas perdas (FARIA *et al.*, 2008).

De acordo com Toledo (2006), as principais técnicas de suporte ao CEP são:

- a) Folha de Verificação;
- b) Fluxogramas;
- c) Histograma;
- d) Gráficos de Controle (Gráficos de Shewhart);
- e) Diagrama de Pareto;
- f) Diagrama de Causa e Efeito/ Espinha de Peixe/ 6M.

3.5.1 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Os problemas encontrados nos processos produtivos podem ser resolvidos utilizando as ferramentas estatísticas do controle de qualidade. Cada ferramenta se aplica a um tipo de situação sendo necessário escolher a técnica correta de acordo com o tipo de problema (TAGUCHI, 1988).

3.5.1.1 FOLHA DE VERIFICAÇÃO

A folha de verificação auxiliará no procedimento de coleta de dados para a realização de análises, esta é uma das primeiras aplicações do controle estatístico do processo (CEP).

Esta é a ferramenta da qualidade mais simples que existe, é mais utilizada para listagem e conferência de dados e fatos, organizando e apresentando-os em forma tabela ou quadro (PEINADO; GRAEML, 2007).

Existem vários tipos de folhas de verificação, os mais comuns são utilizados para classificação, localização e identificação de defeitos, assim é necessário ter clareza sobre o objetivo da coleta dos dados (TAGUCHI, 1988).

3.5.1.2 FLUXOGRAMA

O fluxograma é utilizado para descrever um processo produtivo. Ele é uma ferramenta que demonstra a sequência de passos do processo por intermédio de símbolos, destaca-se por sua forma simples e objetiva. Representa de forma gráfica o fluxo de um determinado processo, incorporado a uma organização. Apresenta o processo passo a passo, ação por ação, sendo possível análise por seguimento do processo, o que facilita a identificação de potenciais problemas da organização (ARAUJO,2005)

3.5.1.3 HISTOGRAMAS

O histograma é um gráfico de barras que mostra os valores de uma determinada variável agrupados por faixa. Um histograma pode, também, ser entendido como um gráfico de barras que usa variações de dados de uma pesquisa ou processo, dividindo e demonstrando a distribuição dos mesmos por categorias,

destacando de forma clara e precisa a verdadeira informação da atual condição da variável em um determinado instante (JUNIOR, *et. al*, 2006).

O histograma tem por objetivo fornecer informações para uma fácil visualização da distribuição do conjunto de dados, com o intuito de facilitar a percepção da localização do valor central e da dispersão de dados em torno de uma variável (WERKEMA,1995).

Souza (2003), afirma que para construção de um histograma é necessário a construção de uma tabela de distribuição de frequência, de forma que cada classe represente uma coluna do histograma. No eixo horizontal encontra-se a variável de interesse sendo subdividido em pequenos intervalos, para cada intervalo é criada uma barra vertical. A Figura 1 apresenta um exemplo de histograma.

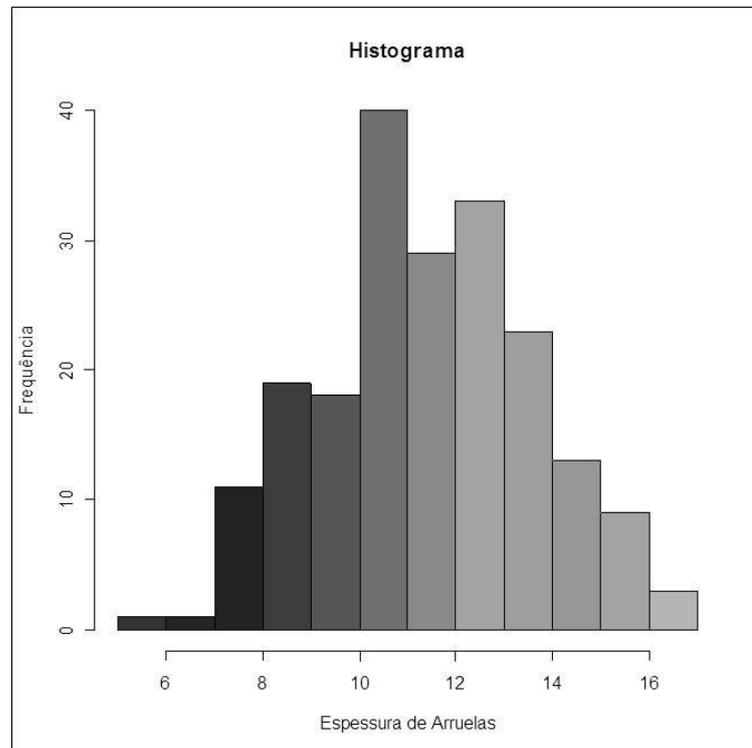


Figura 1 – Histograma

Fonte: Adaptado de Portal Action (2016).

3.5.1.4 GRÁFICO DE CONTROLE

Também chamado de carta de controle (Figura 2) foi exposto pela primeira vez por Dr. Walter A. Schewart. A carta é um tipo de gráfico usado para análise e adequação da variação de um processo. Tem por objetivo verificar se um processo está tendo uma alta variabilidade proveniente de algum fator presente na linha de produção (COSTA; EPPRECHT; CARPINETTI, 2010).

Para Ramos (2013), os gráficos de controle procuram verificar se o processo consegue se manter com um comportamento estável, ou se é necessário realizar algumas modificações no procedimento. Existem dois tipos de gráficos de controle: Gráficos por Atributos: Caracterizado se o resultado provém de uma contagem ou classificação, como números de defeitos, números de erros, etc.

Gráficos por Variáveis: Caracterizado se o valor provém de um tipo de medição, como peso, velocidade, tempo, altura, etc.

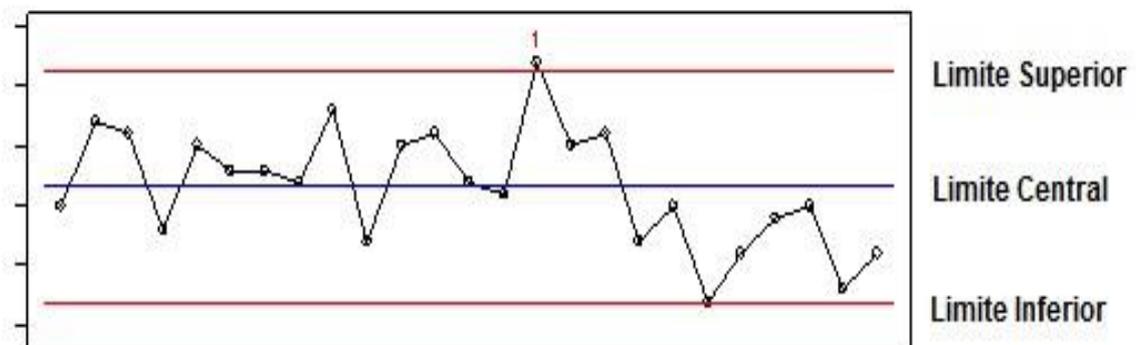


Figura 2: Gráfico de controle

Fonte: Portal Action (2016).

Segundo Montgomery (2013), os gráficos de controle por variáveis são amplamente aplicados, de forma a monitorar o valor médio e a variabilidade da natureza da qualidade estudada. Pode-se analisar a variabilidade pelo gráfico de controle para amplitude, também chamado de gráfico de R. Quanto ao controle de média é realizado comumente por intermédio do gráfico de \bar{X} ou gráfico de controle de médias. Esses dois gráficos são muito utilizados para o monitoramento e controle de processos.

3.5.1.5 DIAGRAMA DE PARETO

Para Werkema (1995), o diagrama de Pareto é um gráfico composto por barras verticais, onde é possível visualizar as informações de uma forma clara. Isso é possível por se ter uma ordem das frequências de ocorrências de determinada característica em ordem decrescente, permitindo que se priorize os problemas mais relevantes. As informações contidas no diagrama de Pareto possibilitam definir e estabelecer metas numéricas capazes de serem alcançadas. Este gráfico é uma das ferramentas da qualidade que se destaca pela otimização da qualidade. Trata-se de uma distribuição de frequência, ou histograma, que se difere por aplicar-se a variáveis discretas, é composto por dados categorizados e atribuídos, de maneira que o gráfico apresente-se por meio de barras verticais. No eixo vertical apresenta-se a frequência acumulada de eventos de cada defeito, e no eixo horizontal os vários defeitos analisados. O gráfico também apresenta uma curva de frequência acumulada (Figura 3), facilitando a visualização dos defeitos que acontecem com maior frequência (MONTGOMETY, 2013).

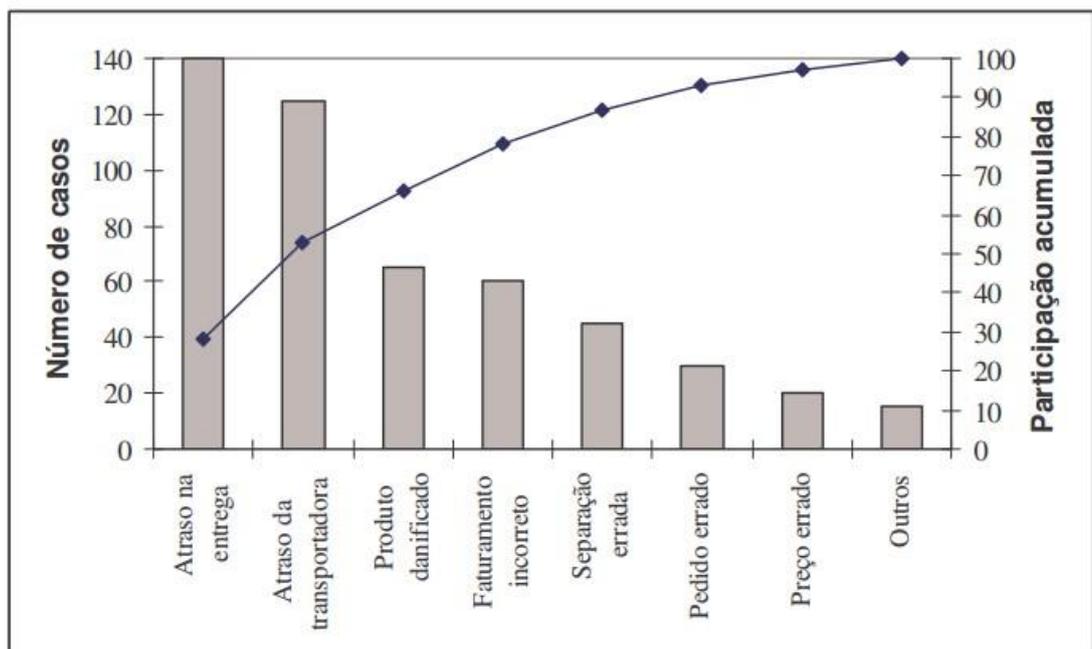


Figura 3 – Gráfico de Pareto

Fonte: Peinado e Graeml (2007).

3.5.1.6 DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO

Ishikawa (1993), foi o criador do diagrama de causa e efeito, em 1943 (Figura 4). Posteriormente passou a ser chamado de “diagrama de Ishikawa” em referência ao seu fundador. Em 1962 foi chamado por Juran de “diagrama espinha de peixe” por seu formato gráfico. Este diagrama é um conjunto de fatores que relacionam causas com um efeito da qualidade.

De acordo com Rodrigues (2010), o diagrama procura relacionar os efeitos existentes, com todas as causas, dentro de um processo. Todos os efeitos possuem diversas categorias de causas, que por vez, podem dar origem a outras possíveis causas. Tal representação gráfica é de notório auxílio na análise e aprofundamento das possíveis causas de um determinado problema.

Segundo Peinado e Graeml (2007), causas levantadas são unicamente hipóteses, realizadas geralmente através de uma maneira criativa de grupo. Dessa forma é necessário testar uma por uma para que possa haver a comprovação de interferência ou não na situação considerada.

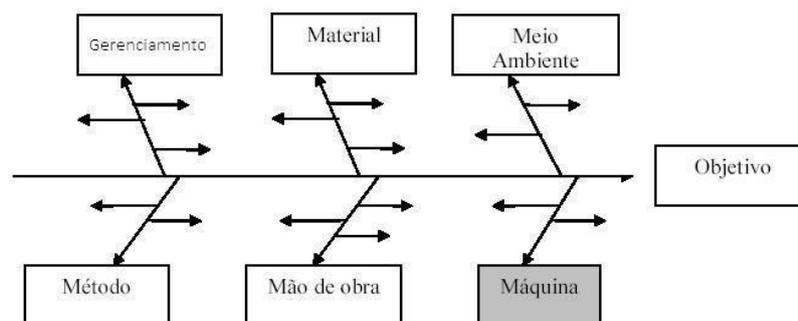


Figura 4– Diagrama de causa e efeito

Fonte: Adaptado de Ishikawa (1993).

Ainda de acordo com Junior (2010), o diagrama é utilizado e aplicado em diversos países para lidar com as peculiaridades e fatores de qualidade dos produtos. Para construção do recomenda-se os seguintes passos:

- a) Definir o problema o qual será estudado (identificação do efeito);

- b) Expor sobre as prováveis causas e inseri-las no diagrama;
- c) Fazer o diagrama procurando agrupar as causas em “6M” (mão-de-obra, método, matéria-prima, medida e meio-ambiente);
- d) Examinar o diagrama, procurando identificar causas verdadeiras;
- e) Reparação do problema.

3.6 FRACOS PLÁSTICOS

O polietileno é o material mais empregado na fabricação de frascos plásticos (Figura 5), por tratar-se de um material com resistência mecânica e química. Sendo resistente também a uma ampla gama de temperaturas. Ele mantém o formato após ter sido flexionado, o que o torna um material bom para ser usado em embalagens que precisam flexionadas. Como principais vantagens podem ser citadas:

- a) Facilidade de moldagem;
- b) Possibilidade de trabalhar com diversas texturas e cores;
- c) Mais leves se comparados a outros materiais;
- d) Alta resistência mecânica e química;
- e) Custo de produção relativamente baixo.



Figura 5– Frascos Plásticos.

Fonte: <http://www.samavidros.com.br/sama47.asp>

3.6.1 MOLDAGEM DE PLÁSTICOS

A matéria prima deve ser moldada para adquirir a forma do objeto desejado. Existem vários processos de moldagem, sendo os mais comuns descritos de forma resumida abaixo (RODA, 2017):

Processo de vazamento: é um processo simples pelo qual a mistura é vertida ou vazada em um molde, sob a forma de uma solução viscosa.

Processo de fiação por fusão: a mistura fundida passa através de orifícios de uma placa (fieira), formando filamentos viscosos que se solidificam e são enrolados em bobinas. É indicado para obtenção de fios.

Processo de compressão: consiste em comprimir a mistura aquecida dentro da cavidade de um molde. Este processo é muito usado para termorrígidos.

Processo de calandragem: consiste basicamente na passagem da mistura entre rolos sucessivos e interligados em rotação. É indicado na produção de lâminas, folhas e filmes de espessura regular.

Processo de injeção: a mistura fundida é introduzida no molde por intermédio de pressão exercida por um êmbolo.

Processo de extrusão: a mistura polimérica passa através de uma matriz com o perfil do objeto desejado e é resfriada tornando-se sólida. Processo bastante comum na fabricação de tubos de poli(cloreto de vinila) e polietileno, tão utilizados em encanamento de água, esgotos etc.

Processo de sopro (Figura 6): ideal para obtenção de peças ocas pela insuflação de ar no interior do molde. É muito usado na fabricação de frascos a partir de resinas termoplásticas.

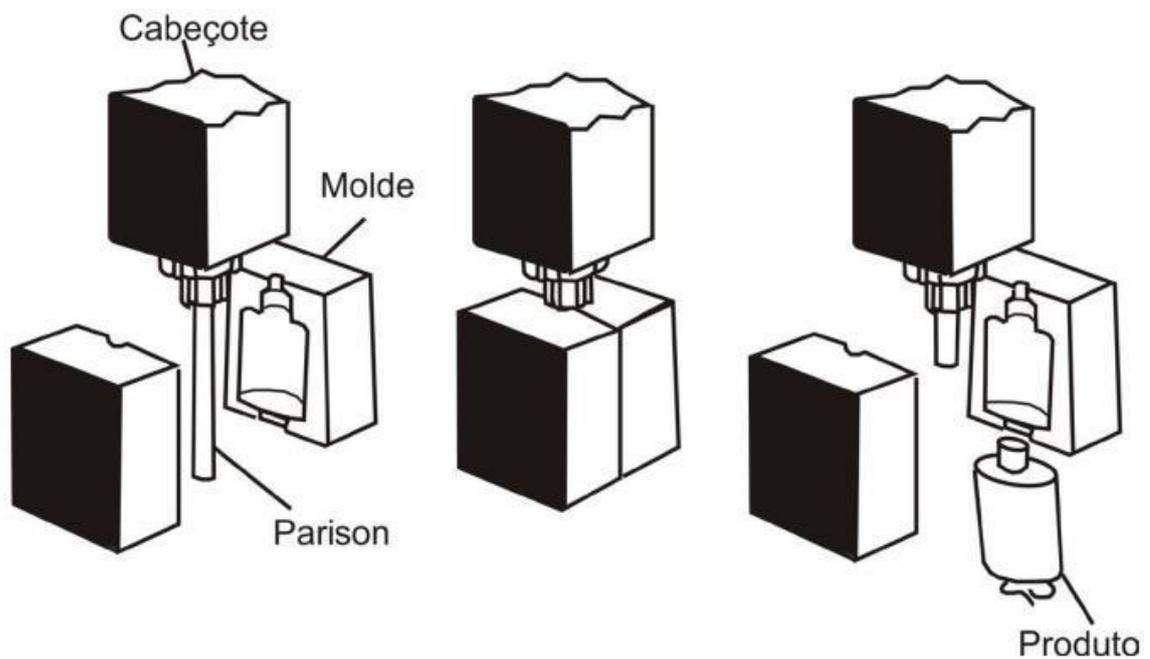


Figura 6 – Esquema de produção de peças por extrusão soprada

Fonte: <http://www.samavidros.com.br/sama47.asp>

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa é classificada como sendo de natureza aplicada, uma vez que possui foco em adquirir conhecimentos voltados para aplicação da parte prática, visando à resolução de um problema específico (KAUARK; MANHÃES; MEDEIROS, 2010).

Em relação ao quesito e abordagem do problema, esta pesquisa é classificada em quantitativa e qualitativa pois realiza-se coleta de dados, observações no processo produtivo e apresenta resultados com o uso do CEP. A classificação como quantitativa leva em consideração tudo aquilo que pode ser quantificável, utilizando ferramentas estatísticas para expor os dados pesquisados. Quanto a classificação qualitativa considera-se uma relação envolvendo o mundo real e o sujeito, onde o ambiente natural é a fonte para a coleta de dados, de forma a analisar os dados com raciocínio indutivo (SILVA, MENEZES, 2001).

Em relação aos objetivos a pesquisa pode ser classificada como

descritiva, uma vez que objetiva descrever as características de uma determinada população, procurando detectar potenciais relações entre variáveis, sendo realizada com objetivos profissionais (GIL, 2010).

Para o estudo em questão a metodologia adotada pode ser considerada também como um estudo de caso (KAUARK, MANHÃES, MEDEIROS, 2010).

4.1 A EMPRESA

A empresa em estudo é do ramo de embalagens e está localizada no Paraná. Atua há 10 anos no mercado de embalagens buscando desenvolver produtos com agilidade e alto padrão de qualidade. Desde a fundação a empresa investe em pesquisa e desenvolvimento, além de infraestrutura e qualidade para oferecer aos clientes as melhores soluções em embalagens.

4.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

O processo de fabricação de frascos plásticos inicia com a chegada da matéria prima (Polietileno de alta densidade, Pigmento branco, frascos plásticos não conformes). Na sequência a matéria prima é enviada, na quantidade correta, para um misturador. O processo de mistura leva 20 minutos. O material é armazenado em bombonas e levado para a máquina sopradora. A mistura é moída e transportada por uma rosca através de um cilindro, sendo fundido pelo calor fornecido por resistências elétricas fixadas na parte externa do cilindro.

Quando passa pela matriz da extrusora, o material toma a forma de uma mangueira chamada *parison* (RODA, 2017). Então o molde se fecha sobre o *parison*, que é cortado por uma lâmina, antes que um bico de ar seja introduzido no *parison* e sobre-o para que tome a forma do molde. Após um breve período de resfriamento, o molde se abre e ejeta a peça. Na sequência é feito os cortes das rebarbas dos frascos, que depois são encaminhados para uma esteira. Os frascos dentro das especificações são colocados em caixas, etiquetados e armazenados. Os frascos fora das

especificações são colocados em bombonas no final da linha de produção. O fluxograma do processo é apresentado na Figura 7. Utilizou-se o software bizagi para elaboração do mesmo.

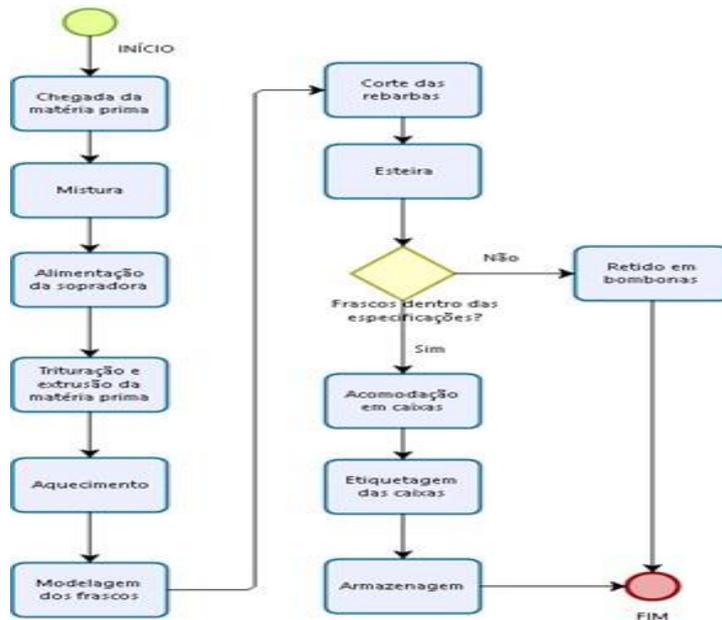


Figura 7 – Fluxo do processo de fabricação de frascos plásticos de 100 ml

Fonte: Autoria própria

4.3 CARTAS DE CONTROLE

As cartas de controle tornam-se cada vez mais importantes, devido ao papel fundamental que exercem na indústria. Os processos devem ser continuamente monitorados para detectar a presença de causas especiais. O gráfico de controle (Figura 8) é a principal ferramenta usada para monitorar processos e indicar a presença de causas especiais.

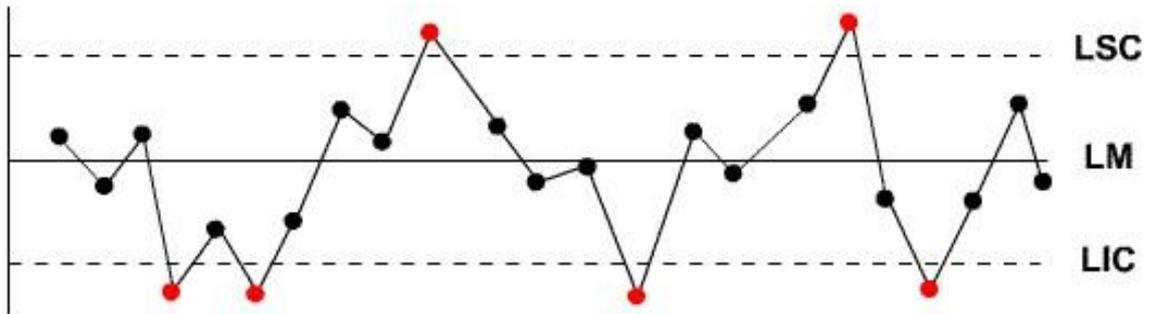


Figura 8 – Gráfico de controle.

Fonte: Portal Action (2016).

Onde: LM: Linha Média; LSC: Limite Superior de Controle e LIC: Limite Inferior de Controle. Segundo Montgomery (2001), o processo está fora de controle, isto é, apresenta causas especiais, se tiver:

- 1 ou mais pontos acima do LSC ou abaixo do LIC;
- 9 pontos consecutivos na zona C ou no mesmo lado do LC (Figura 9);
- 6 pontos consecutivos, todos aumentando ou todos diminuindo;
- 14 pontos consecutivos alternando para cima e para baixo;
- 2 de 3 pontos consecutivos na zona A ou além dela;
- 4 de 5 pontos consecutivos na zona B ou além dela;
- 15 pontos consecutivos na zona C (tanto acima quanto abaixo do LC);
- 8 pontos consecutivos na zona B.

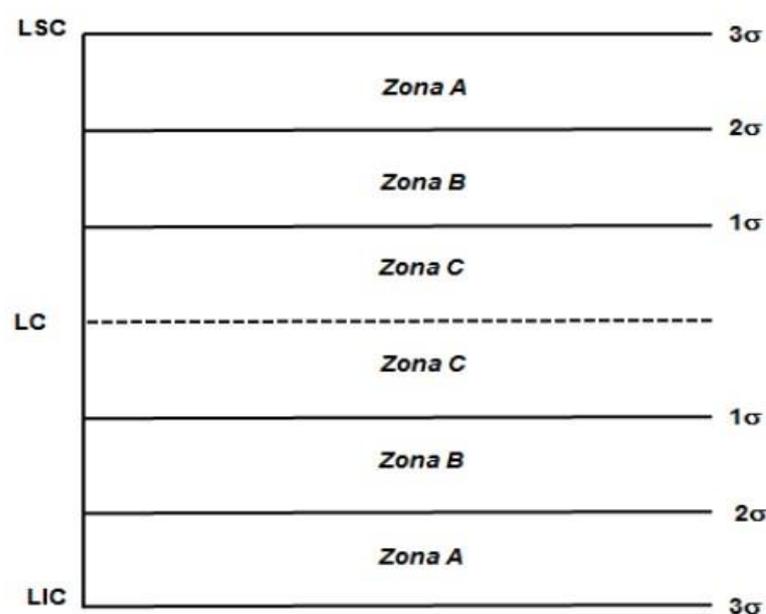


Figura 9 – Zonas A, B e C do gráfico de controle.

Fonte: Oliveira et al. (2013).

4.4 GRÁFICOS DE MÉDIA E AMPLITUDE

Segundo Galuch (2002), cartas para a média (x-barra) são empregadas para que se possa observar as variações na média de uma característica da qualidade monitorada. A carta para amplitude (R) é usada para que se possa observar variações na amplitude ou dispersão da característica da qualidade monitorada. Segundo Galuch (2002) os limites de controle para a média são calculados através das equações:

$$LSC = \bar{X} + A_2R$$

$$LC = \bar{X}$$

$$LIC = \bar{X} - A_2R$$

E os limites de controle para o gráfico da amplitude são dados por:

$$LSC = D_4R$$

$$LC = R$$

$$LIC = D_3R$$

Onde:

LSC – Limite Superior de Controle;

LC – Limite Central;

LIC – Limite Inferior de Controle;

A₃, D₃ e D₄ – Valores tabelados (Figura 10).

<i>n</i>	<i>A</i> ₂	<i>A</i> ₃	<i>E</i> ₂	<i>B</i> ₃	<i>B</i> ₄
2	1,880	2,695	2,660	-	3,267
3	1,023	1,954	1,772	-	2,568
4	0,729	1,628	1,457	-	2,266
5	0,577	1,427	1,290	-	2,089
6	0,483	1,287	1,184	0,030	1,970
7	0,419	1,182	1,109	0,118	1,882
8	0,373	1,099	1,054	0,185	1,815
9	0,337	1,032	1,010	0,239	1,761
10	0,308	0,975	0,975	0,284	1,716

<i>n</i>	<i>D</i> ₃	<i>D</i> ₄	<i>D</i>	<i>c</i> ₄	<i>d</i> ₂
2	-	3,267	0,709	0,798	1,128
3	-	2,574	0,524	0,886	1,693
4	-	2,282	0,446	0,921	2,059
5	-	2,114	0,403	0,940	2,326
6	-	2,004	0,375	0,952	2,534
7	0,076	1,924	0,353	0,959	2,704
8	0,136	1,864	0,338	0,965	2,847
9	0,184	1,816	0,325	0,969	2,970
10	0,223	1,777	0,314	0,973	3,078

Figura 10 – Fatores para cálculo dos limites de controle.

Fonte: <http://www.samavidros.com.br/sama47.asp>

4.5 CAPACIDADE DO PROCESSO

Um processo mesmo com variabilidade controlada e previsível pode produzir itens defeituosos. Consequentemente, não é suficiente colocar o processo sobre controle e dizer que o processo é capaz de atender as especificações do cliente.

Estudo da capacidade de um processo é comparar a variabilidade própria do produto com as exigências ou especificações para o produto. O índice de capacidade (C_{pk}) a ser estudado nesse processo é dado por:

$$C_{PL} = \frac{(\mu - LTI)}{3\sigma}, \quad C_{PU} = \frac{(LTS - \mu)}{3\sigma}, \quad C_{pk} = \text{MIN}(C_{PL}, C_{PU})$$

Onde: LTS: Limite de tolerância superior; LTI: Limite de tolerância inferior; Média do processo e σ : Desvio padrão estimado.

Uma regra usual para a análise do índice de capacidade do processo é descrita no Quadro 1.

Cpk	Interpretação
$Cpk \geq 2,0$	PROCESSO EXCELENTE Altamente confiável
$1,33 \leq Cpk \leq 2,0$	PROCESSO CAPAZ Relativamente confiável
$1,00 \leq Cpk \leq 1,3$	PROCESSO RELATIVAMENTE INCAPAZ Pouco confiável
$0 < Cpk < 1$	PROCESSO INCAPAZ Podemos ter produção defeituosa
$Cpk < 0$	PROCESSO TOTALMENTE INCAPAZ Não tem condições de manter as especificações

Quadro 1 – Interpretação do Índice Cpk.

Fonte: Daminelli, 2013

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este trabalho seguiu, para análise da capacidade do processo de produção de frascos plásticos, as seguintes etapas:

- 1) Coleta e tratamento de dados;
- 2) Interpretação da estabilidade do processo;
- 3) Interpretação da capacidade do processo.

5.1 COLETA E TRATAMENTO DE DADOS

Inicialmente, no dia 20/03/2017, foram coletados, na empresa de embalagens, 20 amostras com 8 itens a cada 2 horas (Tabela 1).

Tabela 1 – Peso dos fracos plásticos, em gramas, coletados na empresa – 20/03/2017.

Amostras	PESOS (g)							
1	13,91	14,16	14,28	14,29	14,06	14,1	13,91	14,17
2	13,92	13,83	14,11	14,08	14,11	13,94	13,92	14,04
3	14,15	14,02	13,99	12,46	14,07	14,03	13,88	14,02
4	13,71	13,92	14,02	14,14	13,69	13,89	13,66	13,86
5	13,9	14,11	14,22	14,2	13,77	14,11	13,83	14,14
6	14,12	14,22	14,46	14,37	13,92	14,24	13,96	14,26
7	14,28	14,4	14,05	14,05	13,93	14,27	14,1	14,06
8	14,17	14,26	14,05	14,02	14,04	13,97	14,05	13,91
9	13,96	14,15	14,18	14,25	14,25	14,06	14,01	14,26
10	13,75	14,07	14,04	14,21	13,99	14	13,86	14
11	13,96	14,2	14,19	13,9	14	14,02	14,07	14,15
12	13,96	13,99	13,98	14,05	13,99	13,86	13,98	13,88
13	14,02	14,03	13,78	14,03	13,96	14,02	14,1	14,15
14	13,63	14,03	13,82	13,92	13,77	14,01	13,73	14
15	13,73	14,05	13,96	14	13,81	14,06	13,89	14,06
16	13,99	14,25	14,26	14,23	13,85	14,22	13,99	14,23
17	14,07	14,27	13,88	14,02	13,97	13,76	13,89	14
18	13,82	13,91	13,99	13,86	13,87	13,97	14,05	13,82
19	13,96	14,15	14,25	14,23	14,04	14,23	13,98	14,05
20	13,76	14,15	14,01	14,27	14,04	14,11	13,88	14,04

Na sequência, realizou-se uma avaliação descritiva completa dos dados coletados na empresa de embalagem (Tabela 2).

Tabela 2 – Análise exploratória dos dados coletados no processo de fabricação.

Parâmetro analisado	PESOS
Pontos	200
Média	14,02g
Mediana	14,02g
1 Quartil (Q ¹)	13,92g
3 Quartil (Q ³)	14,11g
Desvio Padrão	0,15g
Coefficiente de Variação	1,09%

Segundo Pimentel (2000), nos experimentos de campo, se o coeficiente de variação for inferior a 10% tem-se um coeficiente de variação baixo, de 10 a 20% médio, de 20 a 30% alto e acima de 30% muito alto.

Em seguida, os dados foram plotados em forma de *boxplot* (Figura 11) para uma análise preliminar do comportamento das observações. A seguir, aplicouse a técnica de identificação de *outliers* (valores fora da normalidade) apresentada na Tabela 3. As razões mais comuns para o surgimento desses valores são os erros na coleta de dados ou eventos raros e inesperados. Os *outliers* considerados como extremos só foram descartados, das amostras, depois de uma análise criteriosa de suas causas. Os valores julgados como possíveis de ocorrer foram mantidos nas amostras.

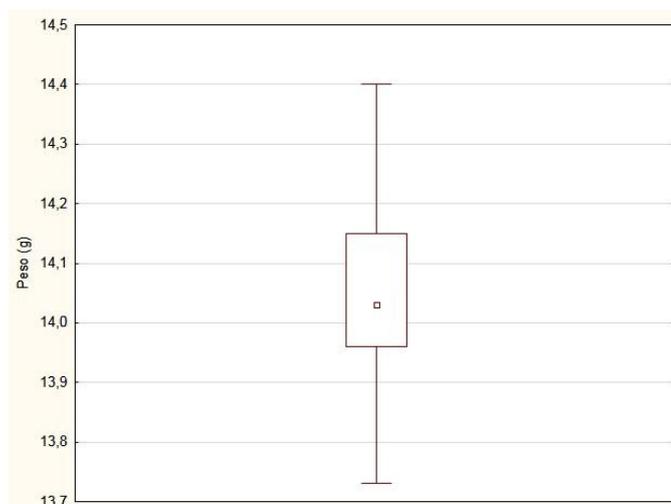


Figura 11 – Boxplot.

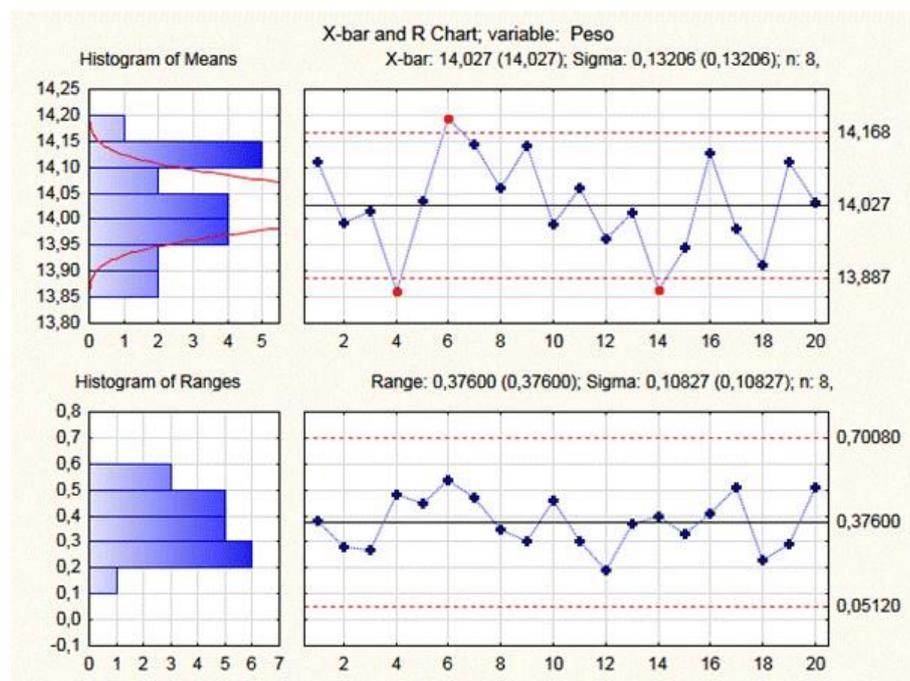
Fonte : Autoria própria

Tabela 3 – Identificação de outliers.

<i>Outliers</i>
$A=Q^3-Q^1$
Valor $< Q^1-1,5A$ - <i>Outlier Moderado</i>
Valor $> Q^3+1,5A$ - <i>Outlier Moderado</i>
Valor $< Q^1-3,0A$ - <i>Outlier Extremo</i>
Valor $> Q^3+3,0A$ - <i>Outlier Extremo</i>

5.1.1 INTERPRETAÇÃO DA ESTABILIDADE DO PROCESSO

Para avaliar se o processo de fabricação de frascos plásticos estava sobre controle estatístico, isto é não apresentava causas especiais, utilizou-se os gráficos de \bar{X} e R (Média e Amplitude) para o dia 20/03/2017 (Figura 12).

**Figura 12 – Gráficos de controle – dia 20/03/2017.**

Fonte : Autoria própria

Neste gráfico o limite superior de controle alcançou o valor de 14,168g e o limite inferior 13,887g. Observa-se, também, que as amostras 4, 6 e 14 apresentam causas especiais. Isto é, as amostras estão fora dos limites de controle. Inicialmente, para

verificar se as causas especiais eram advindas da falta de experiência/atenção de um funcionário. Aplicou-se novamente a metodologia dos gráficos de controle para o dia 22/03/2017 (Tabela 4). Os gráficos de \bar{X} e R (Média e Amplitude) são apresentados na Figura 13.

Tabela 4 – Peso dos fracos plásticos, em gramas, coletados na empresa – 22/03/2017.

Amostras	Peso (g)							
1	13,94	13,91	14,15	14,08	14,05	14,08	14,06	14,1
2	13,93	14,03	14	14,24	14,14	14,11	14,17	13,99
3	14,08	14,09	13,93	14,01	13,99	14,02	14,05	13,95
4	14,2	14,09	14,1	14,14	14,01	14,08	13,92	14,03
5	13,75	13,78	14,08	14,05	14,22	14,05	13,99	14,04
6	14,15	14,11	14,24	14,23	14,22	14,28	14,26	14,16
7	14,03	14,07	14,26	14,25	13,91	14,18	14,26	14,23
8	13,93	13,96	14,05	14,05	14,04	14,14	14,06	14,1
9	13,95	13,92	14,13	14,03	13,98	14,12	14,12	13,99
10	13,8	13,75	13,99	13,87	13,87	13,98	13,95	13,85
11	13,93	14,04	13,7	14,11	13,94	13,84	14,03	13,94
12	13,87	13,92	14,23	14,2	14,11	13,91	14,3	14,05
13	14,05	13,92	14,08	14,03	13,82	14,03	14,16	14,17
14	14,1	14,28	14,14	13,94	14,17	14,15	14,18	14,15
15	14,16	14,12	14,24	14,11	14,34	14,2	13,86	13,94
16	13,99	14,01	14,04	14,09	14,01	14,02	14,09	13,96
17	14,11	14,25	13,98	14,09	13,98	14,1	14,26	13,89
18	13,79	13,9	13,89	13,99	13,8	13,8	13,99	13,76
19	14,1	14,26	14,2	14,23	14,07	14,05	14,22	14,08
20	14,08	14,21	14	14,03	14,04	14,07	14,18	13,94

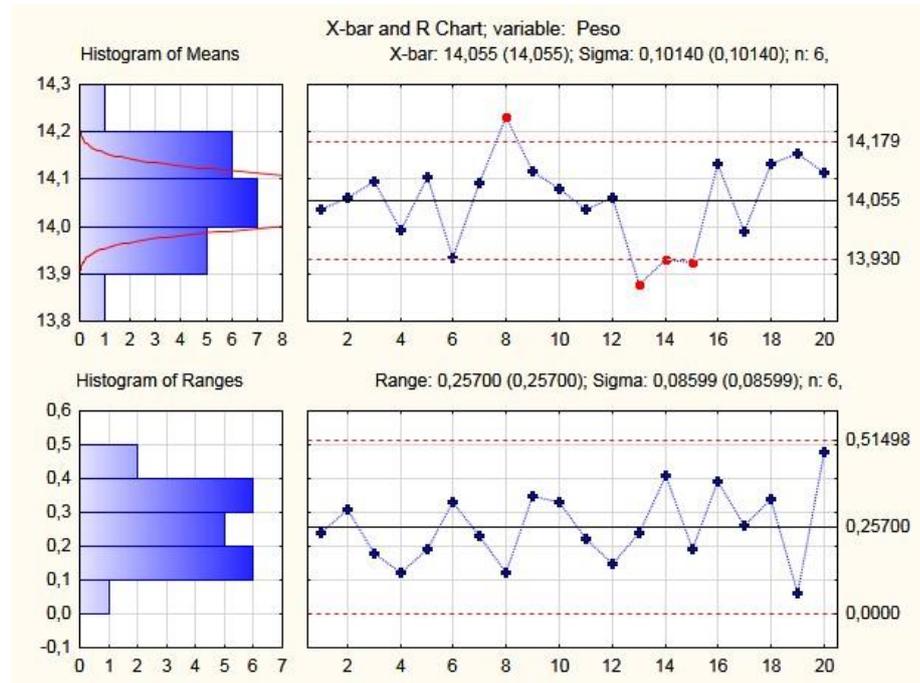


Figura 13 – Gráficos de controle – dia 22/03/2017.

Fonte : Autoria própria

Observa-se agora, na Figura 13, que as amostras 8, 13, 14 e 15 apresentam causas especiais. Identificou-se, em reunião realizada na empresa com funcionários do setor de produção dos frascos plásticos, que as prováveis causas de problemas na fabricação de frascos estavam relacionadas aos tipos Máquina e Medida da metodologia de Ishikawa:

Máquina: Ajustes dos parâmetros da máquina (por exemplo, variação da pressão do ar).

Medida: Quantidade de massa (*parison*) para a confecção dos frascos.

Sendo que para a variável peso, dos frascos plásticos, a principal causa de variabilidade está relacionada com a quantidade de massa. Sendo que quando a quantidade massa, para fabricação dos frascos, estava correta existia pouca variabilidade no peso. Como este é um estudo inicial do processo, recalculou-se os limites de controle, para o dia 20/03/2017, excluindo as três amostras, que numa implantação normal do CEP, teriam sido corrigidas. Observou-se, então, que os pontos, plotados no gráfico, ficaram dentro dos limites de controle, indicando que o processo está estatisticamente estável (Figura 14).

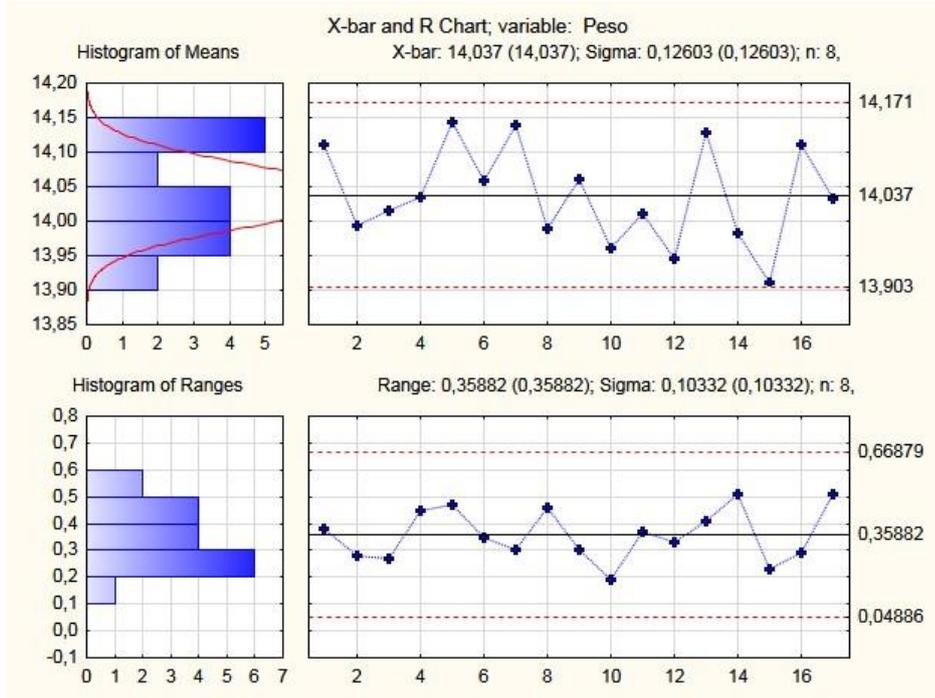


Figura 14 – Gráficos de controle sem causas especiais – dia 20/03/2017.
Fonte : Autoria própria

Na sequência, outros padrões de aleatoriedades foram investigados (Figura 15).

		Peso ; Runs Tests (Peso2)	
		X-bar Chart	
		Center line: 14,035588 Sigma: 0,044557	
Zones A/B/C: 3,000/2,000/1,000 * Sigma		from	to
Tests for special causes (runs rules)		sample	sample
9 samples on same side of center		OK	OK
6 samples in row in/decreasing		OK	OK
14 samples alternating up & down		OK	OK
2 of 3 samples in Zone A or beyond		OK	OK
4 of 5 samples in Zone B or beyond		OK	OK
15 samples in Zone C		OK	OK
8 samples beyond Zone C		OK	OK

Figura 15 – Outros padrões de causas especiais.

Observa-se da Figura 14 que os dados não apresentam causas especiais devido a esses padrões.

5.1.2 INTERPRETAÇÃO DA CAPACIDADE DO PROCESSO

Quando trata-se do estudo de capacidade de um processo, tem que se ter cuidado especial com a normalidade dos dados. Na Figura 16 apresenta-se o gráfico de probabilidade normal. Quanto mais perto os dados estiverem da reta, mais próximos estarão de uma distribuição normal. Os dados também foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para verificação de sua normalidade. Como o valor de “ p ” foi maior que 0.05 ($p > 0.05$), a distribuição dos dados foi considerada normal.

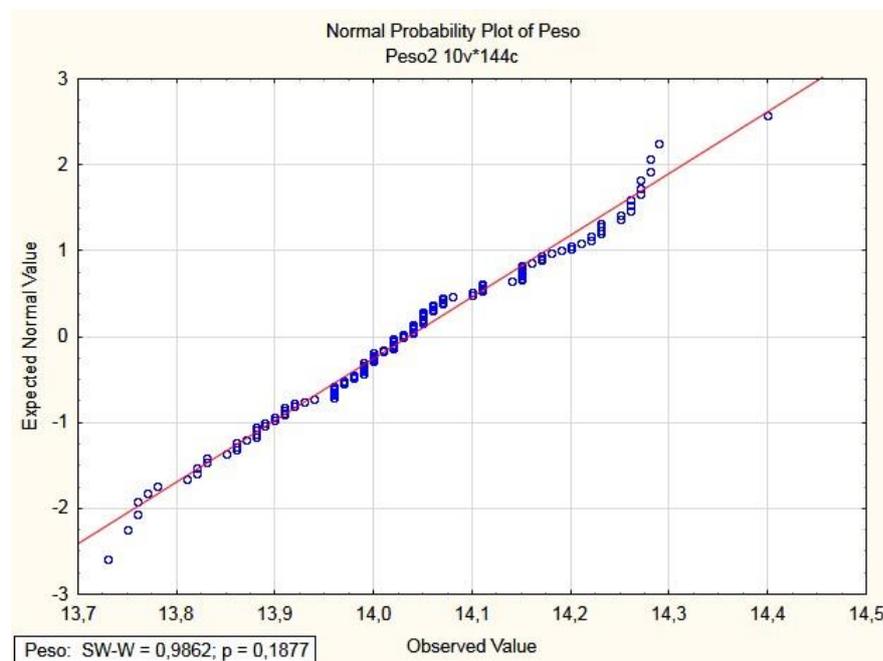


Figura 16 – Distribuição dos dados em torno da reta que indica normalidade.

Fonte : Autoria própria

Verificada a estabilidade do processo quantificou-se sua capacidade usando o índice C_{pk} . Segundo o Departamento de Engenharia a empresa tem um valor alvo, para os frascos de plásticos, de 14g com uma variação de 0,3g. Na Figura 17 apresentam-se o histograma e o índice de capacidade.

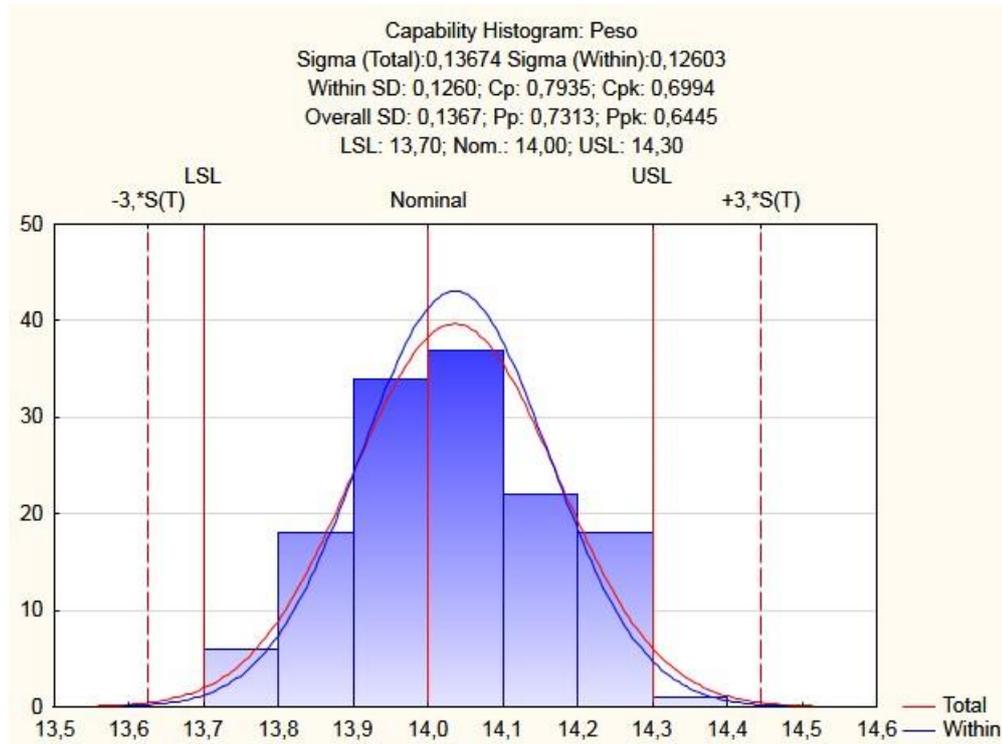


Figura 17– Histograma e Índice de Capacidade C_{pk}

Fonte : Autoria própria

Na Figura 17, é possível observar que o processo não é capaz, segundo o cálculo do C_{pk} , pois seu valor calculado é de 0,6994 ficando abaixo de 1,33. Observa-se, também, que o processo possui média deslocada para acima do alvo. Portanto, pode-se deduzir que o processo de fabricação não é preciso para produzir frascos com as qualidades requeridas pela empresa. Portanto, o processo precisa ser revisado para levar a média para o alvo.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo a aplicação, da metodologia do CEP, no processo de fabricação de frascos plásticos em uma empresa de embalagens, localizada no Paraná.

A aplicação do gráfico de controle apontou que para o dia 20/03/2017 três amostras não se encontravam entre os limites superior e inferior de controle. Portanto, o processo apresentava causas especiais. Devidas principalmente a medida de quantidade de massa necessária para produção dos frascos. Com a retirada das causas especiais observou-se que processo estava sobre controle estatístico e os dados seguiam uma distribuição normal, condição necessária para o estudo de capacidade do processo.

Pela análise dos resultados de capacidade percebeu-se que o processo produtivo não é capaz de produzir todos os frascos dentro das expectativas dos clientes, mesmo quando está sob controle estatístico. Tanto, que os frascos não conformes são utilizados como matéria prima para produção de outros frascos. Este fato desmonstra que melhorias precisam ser feitas em relação ao processo de fabricação, para que todo o frasco obtenha valores mais próximos da média, aumentando consequentemente a capacidade do processo de atender as especificações.

7 REFERÊNCIAS

ALVES, Custodio da Cunha. **Gráficos de Controle CUSUM: um enfoque dinâmico para a análise estatística de processos**. 2003. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/84565/192006.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 25 set. 2016.

ARAUJO, Luis César G. de. **Organização, sistemas e métodos e as tecnologias de gestão organizacional**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2005

CAMPOS, Vicente Falconi. **Controle de Qualidade Total**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.

CARPINETTI, L. C. R.; MIGUEL, P. A. C.; GEROLAMO, M. C. **Gestão da qualidade ISO 9001:2000 princípios e requisitos**. São Paulo: Atlas, 2007.

COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. **Controle estatístico de qualidade**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 334 p.

DAMINELLI, Lais Marques. **ANÁLISE DO PESO DO BISCOITO LAMINADO: aplicação do controle estatístico do processo**. 2013. 55 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1734/1/MD_COENP_2013_1_13.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2016.

FARIA, Evandro de Paula et al. **O CEP como ferramenta de melhoria de qualidade e produtividade nas organizações**. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA. Anais. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos08/194_evandro%20elvis%20e%20claudia%20-%20CEP.pdf> Acesso em: 26 set. 2016.

FARIA, A. F.; MOTA, E. M.; VIEIRA, J. G. V. **Gestão por processos aplicada em uma incubadora de empresas de base tecnológica**. IV Encontro Mineiro de Engenharia de Produção EMEPRO, Ouro Preto, 2008. Disponível em:

<http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STP_092_624_13428.pdf >
Acesso em: 26 set. 2016.

FEIGENBAUM, A. V. **Controle da qualidade total: Gestão e sistemas.**São Paulo: Makron Books, 1994.

FEINGENBAUM, A.V. **Total Quality Control, Engineering and Management.** NewYork: MC Graw-Hill, 1986

GALUCH, Lucia. **MODELO PARA IMPLEMENTAÇÃO DAS FERRAMENTAS BÁSICAS DO CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO – CEP EM PEQUENAS EMPRESAS MANUFATUREIRAS.** 2002. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/84077/192207.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

ISHIKAWA, Kaoru. **Controle de Qualidade Total: à maneira japonesa.** Rio de Janeiro: Campos, 1993.

JUNIOR, Isnard Marshall; CIERCO, Agliberto Alves; ROCHA, Alexandre Varanda; MOTA, Edmarson Bacelar; LEUSIN, Sérgio. **Gestão da Qualidade.** 8. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2006.

JUNIOR, Celso Carlino Maria Fornari. **Aplicação da Ferramenta da Qualidade (Diagrama de Ishikawa) e do PDCA no Desenvolvimento de Pesquisa para a reutilização dos Resíduos Sólidos de Coco Verde.** INGEPRO – Inovação, Gestão e Produção Setembro de 2010, vol. 02, no. 09. Disponível em: <http://www.ingepro.com.br/Publ_2010/Set/307-836-1-PB.pdf > Acesso em: 27 set. 2016.

JURAN, J. M. **Juran planejando para a qualidade.** 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1992.

KAUARK, F. S.; MANHÃES, F. C.; MEDEIROS, C. H. **Metodologia da pesquisa: Um guia prático.** Itabuna: Via Litterarum, 2010.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico de qualidade**. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2013.

MOURA, A. M., ARRUDA, A.; KAMIMURA, Q. P.; SILVA, J.L. **Qualidade na prestação de serviços como diferencial competitivo**. XIV INIC/X EPG – UNIVAP. Universidade de Taubaté, 2010. Disponível em: <http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2010/anais/arquivos/0246_0369_01.pdf> Acesso em: 26 set. 2016.

MUCIDAS, Juliana Hastenreiter. **Aplicação de controle estatístico do processo no envase de leite UHT em uma indústria de laticínios**. Juiz de fora, 2010. Disponível em: <http://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2010_3_Juliana.pdf> Acesso em: 26 set. 2016.

OLIVEIRA, Camila Cardoso de et al. Manual para elaboração de cartas de controle para monitoramento de processos de medição quantitativos em laboratórios de ensaio. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2013. 73 p. Disponível em: <http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/manual-cartacontrole_ial_2013.pdf>. Acesso em: 25 set. 2016

PALADINI, Edson Pacheco; BOUER, Gregorio; FERREIRA, José Joaquim do Amaral. **Gestão da Qualidade: Teorias e Casos**. 2. ed. São Paulo: Elsevier Ltda., 2012. 429 p.

PALADINI, E. P. **Controle de qualidade**: Uma abordagem abrangente. São Paulo: Atlas, 1990. 239 p.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R.. **Administração da produção**: Operações industriais e de serviços. Curitiba: Unicenp, 2007. PORTAL ACTION. **Software de estatística**. São Carlos – SP, 2016. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/controle-estatistico-do-processo/graficos-ou-cartasde-controle>>. Acesso em: 27 set. 2016

PIMENTEL, F. G. **Curso de estatística experimental**. Piracicaba: Degaspari, Piracicaba, 2000.

PORTAL ACTION. **Software de estatística**. São Carlos – SP, 2016. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/manual-action/65-histograma>>. Acesso em: 27 set. 2016

RAMOS, A. W. Mantendo o processo sob controle. In: ROTONDARO, R. G. **Seis Sigma: Estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços**. São Paulo: Atlas, 2013.

REIS, Marcelo Menezes. **UM MODELO PARA O ENSINO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE**. 2001. 381 f. Tese (Doutorado) Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/79748/180272.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 30 set. 2016.

RODRIGUES, Marcus Vinicius. **Ações para a Qualidade**. 3 ed. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2010.

RODA, D. T. **Moldagem por sopro**. Disponível em: <<http://www.tudosobreplasticos.com/processo/sopro.asp>> Acesso em: 28 abr. 2017.

SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3. ed. rev. atual. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

SOUZA, Rosely Antunes de. **ANÁLISE DA QUALIDADE DO PROCESSO DE ENVASE DE AZEITONAS VERDES ATRAVÉS DE ALGUMAS FERRAMENTAS DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO**. 2003. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/86487/230130.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 30 set. 2016.

TAGUCHI, G. **System of Experimental Design: Engineering Methods to Optimize Quality and Minimize Costs**. 2 ed. UNIPUB, USA. 1988

TOLEDO, José Carlos. **Introdução ao CEP- Controle Estatístico de Processo**. GEPEQ – Grupo de Estudo e Pesquisa em Qualidade, DEP- UFSCar, 2006

WERKEMA. M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1995.