



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS
ENGENHARIA DE ALIMENTOS

ÉERICA JANAINA DE MORAES DANTAS

**APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO EM UMA
INDÚSTRIA DE BEBIDAS: ESTUDO DE CASO**

GARANHUNS - PE

2019

ÉRICA JANAINA DE MORAES DANTAS

**APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO EM UMA
INDÚSTRIA DE BEBIDAS: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Curso de Engenharia de Alimentos, para a obtenção do título de Bacharela em Engenharia de Alimentos, sob orientação do prof. Dr. Romero Luiz Mendonça Sale Filho.

GARANHUNS - PE

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Ariano Suassuna, Garanhuns-PE, Brasil

D192a Dantas, Érica Janaina de Moraes
Aplicação do Controle Estatístico de Processo em uma
Indústria de Bebidas: estudo de caso / Érica Janaina de Moraes
Dantas. – 2019.
53 f. : il.

Orientador: Romero Luiz Mendonça Sales Filho
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação de Engenharia
de Alimentos)–Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento de Engenharia de Alimentos, Garanhuns, BR -
PE, 2019.
Inclui referências.

1. Bebidas – Indústria 2. Bebidas alcoólicas – indústria
3. Bebidas – controle de qualidade I. Sales Filho, Romero Luiz
Mendonça, orient. II. Título

CDD 663

Érica Janaina de Moraes Dantas

**APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO EM UMA
INDÚSTRIA DE BEBIDAS: ESTUDO DE CASO**

Aprovado em: __/__/__

Prof. Dr. Romero Luiz Mendonça Sales Filho (Presidente)
(Unidade Acadêmica de Garanhuns – UFRPE)

Prof. Dr. Thibério Pinho Costa Souza (Membro Titular Interno)
(Unidade Acadêmica de Garanhuns – UFRPE)

Prof.^a Dra. Vilma Barbosa da Silva Araújo (Membro Titular Interno)
(Unidade Acadêmica de Garanhuns – UFRPE)

AGRADECIMENTOS

Não tem como não agradecer primeiro a Deus a realização desse trabalho. Pode parecer clichê, mas só Ele sabe o quanto foi um desafio executar esse TCC, quantas vezes pensei que não iria dar certo e as vezes que pensei em desistir. Muita obrigada Senhor por tudo ter passado e por eu ter concluído com êxito, foi pelas suas bênçãos e Graças que este trabalho foi finalizado.

Agradeço ao meu orientador por todo o apoio e incentivo, por ser tão prestativo e por ter adaptado esse trabalho todas as vezes que foi preciso. Obrigada por nunca ter duvidado do meu potencial, por me inspirar e motivar em todos os momentos.

Agradeço de coração a minha amiga e colega de profissão Anyelle Veloso por me dar a mão nesse trabalho e ter me auxiliado de inúmeras formas e em vários momentos, ganhei uma colega de trabalho e amiga pra vida toda. Monnykhe Lorena, Aline Tenório e Raiane Ramos fico muito feliz em ter vocês ao meu lado durante todo o curso, especialmente nessa fase que tanto aluguei vocês pra poder manter meu estado mental são. Amo vocês meninas. Agradeço ao apoio e compreensão da minha família durante o tempo em que eu necessitava dedicar a escrita desse trabalho.

Dedico esse trabalho a Dona Aline Moraes que batalhou tanto na vida para que eu tivesse a melhor educação que ela podia me oferecer, através de muito sacrifício e renúncia. Anos de batalha pedindo descontos, negociando mensalidades atrasadas de colégio, fazendo vaquinha com a família pra comprar fardamento e pedindo doação de livros usados por outros estudantes... Esse trabalho é para e por você mainha.

RESUMO

A qualidade significa a produção de bens e serviços em conformidade com as especificações e com as necessidades dos clientes e do mercado. Compreender e melhorar a qualidade são um fator-chave que conduz ao sucesso, crescimento e a uma melhor posição de competitividade de um negócio. A variação está presente nas matérias-primas, na habilidade dos operadores e nos equipamentos de qualquer processo. O Controle Estatístico de Processo permite monitorar se o processo produtivo ocorre seguindo os preceitos da organização e a legislação vigente, caso seja identificado desvios do processo é possível identificar as causas do problema para em seguida realizar ações de correções na linha de produção. O CEP permite controlar variáveis que são medidas contáveis e os atributos que quantificam os defeitos que acometem os produtos finalizados. Esse trabalho foi realizado em uma indústria de pequeno porte em Garanhuns-PE com o objetivo de aplicar o controle estatístico de processos em uma linha de produção de bebidas, especificamente na bebida mista a base de vinho 600 mL, visando aumentar a qualidade do processo e do produto, através da detecção dos problemas prioritários ao longo da cadeia de processamento. O método de amostragem sistemática foi realizado para coletar as amostras na linha de produção. Foi analisado o teor alcóolico das bebidas coletadas através do aparelho ebuliômetro e foi aferido o volume com proveta graduada. Atributos envolvendo rotulagem, vedamento e qualidade da garrafa de bebidas foram contabilizadas. Foram feitos os gráficos de controle e de monitoramento para as variáveis (Gráficos de média (\bar{X}) e amplitude (R)) volume de bebida e teor alcóolico (Gráficos para medidas individuais (I) e amplitudes móveis (MR)), também foi construído gráficos de controle para o monitoramento do processo para atributos da embalagem do produto acabado (Gráfico de número de defeitos na amostra (C)). O gráfico de controle para a variável volume de bebida mostrou que a média de volume envasado é de 620 mL, que em um dia de produção faz com que a empresa deixe de produzir 80 garrafas de bebida. O gráfico de controle para a variável teor alcóolico mostrou que a média para o álcool foi de 10,3°GL que está dentro do que a empresa estabelece como padrão. O gráfico para atributos mostrou que existe 3,8 defeitos por coleta de dados. Os gráficos de monitoramento apontou que as variáveis e atributos monitorados estão sob controle. A empresa pode aumentar a qualidade da sua produção utilizando o CEP para monitorar seu processo, como também pode tentar reduzir a variabilidade do processo, investimento em melhorias e ajuste de maquinários a fim de reduzir os custos e aumentar a produtividade. Esses gráficos mostraram que o processo de fabricação da bebida mista a base de vinho está sob controle, mas a empresa pode reduzir ainda mais a variabilidade do processo a fim de reduzir custos e aumentar a sua produtividade.

Palavras-chave: Controle de qualidade, Controle estatístico de processo, gestão da qualidade e variabilidade.

ABSTRACT

Quality means the production of goods and services in accordance with the specifications and the needs of customers and the market. Understanding and improving quality is a key factor driving success, growth and a better competitive position for a business. The variation is present in the raw materials, in the ability of the operators and in the equipment of any process. The Statistical Process Control allows monitoring if the production process occurs following the organization's precepts and current legislation, if it is identified deviations from the process it is possible to identify the causes of the problem and then carry out corrections actions in the production line. The CEP allows controlling variables that are countable measures and the attributes that quantify the defects that affect finished products. This work was performed in a small industry in Garanhuns-PE with the objective of applying the statistical control of processes in a beverage production line, specifically in the mixed wine-based beverage 600 mL, aiming to increase process quality and of the product, by detecting the priority problems along the processing chain. The systematic sampling method was performed to collect samples on the production line. The alcohol content of the beverages collected through the ebulliometer was analyzed and the volume was measured with a graduated cylinder. Attributes involving labeling, sealing and quality of the beverage bottle were accounted for. Control and monitoring charts for the variables (mean (\bar{X}) and amplitude (R)), drink volume and alcohol content (Graphs for individual measures (I) and mobile amplitudes (MR)), control charts were also performed for attributes of the finished product package (Chart of number of defects in sample (C)). These graphs showed that the mixed wine-based beverage manufacturing process is under control, but the company can further reduce the variability of the process in order to reduce costs and increase its productivity.

Key words: Quality control, Statistical process control, quality management and variability.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Causas especiais e comuns da variabilidade..... | 16 |
| Figura 2 - Distribuição de processo previsível e imprevisível ao longo do tempo. | 17 |
| Figura 3 - Gráfico de controle para amostras medidas ao longo do tempo..... | 21 |
| Figura 4 - Histograma referente ao tempo médio de espera para a chegada de matéria prima | 22 |
| Figura 5 - Folha de controle para produção de bebidas..... | 23 |
| Figura 6- Gráfico de Pareto para entrega de produtos..... | 24 |
| Figura 7 - Diferentes relações entre variáveis nos gráficos de dispersão..... | 25 |
| Figura 8 - Diagrama de causa e efeito. | 25 |
| Figura 9- Fluxograma para descrever as etapas de como ligar um forno elétrico..... | 26 |
| Figura 10- Fluxograma de como deve ser escolhido o gráfico de controle para uma característica da qualidade..... | 29 |
| Figura 11 - Sequência de imagens sobre a produção de bebida mista a base de vinho..... | 36 |
| Figura 12- Variação do volume da bebida mista a base de vinho 600 mL..... | 38 |
| Figura 13 - Ebuliômetro e régua de graduação de 0 a 25°GL. | 38 |
| Figura 14- Gráfico de controle de médias para o volume das bebidas produzidas. | 41 |
| Figura 15 - Gráfico de controle as amplitudes dos volumes das bebidas produzidas. | 41 |
| Figura 16 - Gráfico de monitoramento das médias para o volume das bebidas produzidas, monitoramento nos pontos verdes. | 42 |
| Figura 17- Gráfico de monitoramento das amplitudes dos volumes das bebidas produzidas, monitoramento nos pontos verdes. | 42 |
| Figura 18 - Tentativas de construção de gráfico de controle para valores individuais em busca de um padrão aleatório. | 43 |
| Figura 19 - Tentativas de construção de gráfico de controle para amplitudes móveis em busca de um padrão aleatório. | 43 |
| Figura 20- Gráfico de controle para valores individuais para a variável grau alcóolico..... | 44 |
| Figura 21- Gráfico de controle para amplitude móvel para a variável grau alcóolico..... | 44 |
| Figura 22- Gráfico de monitoramento das medidas de valores individuais para a variável teor alcóolico das bebidas produzidas, monitoramento nos pontos verdes. | 44 |
| Figura 23 - Gráfico de controle para amplitudes móveis para a variável teor alcóolico das bebidas produzidas, monitoramento nos pontos verdes. | 45 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 24 - Tentativas de construção de gráfico de controle para números de defeito por amostra, em busca de um padrão aleatório..... | 46 |
| Figura 25- Gráfico de controle para número de defeitos na amostra. | 46 |
| Figura 26 - Gráfico de monitoramento para número de defeitos na amostra, pontos monitorados em verde. | 47 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1- Diferença entre os gráficos de controle para variáveis..... | 27 |
| Tabela 2 - Diferença entre os gráficos de controle para atributos. | 28 |
| Tabela 3- Quantidade de garrafas de produto enchidas na teoria e na prática. | 41 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 1 - Check-list para coleta de dados de atributos. | 39 |
|---------------------------------------------------------------|----|

SUMÁRIO

| | | |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 13 |
| 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 16 |
| 2.1 | Variabilidade de processos | 16 |
| 2.2 | Evolução histórica da qualidade | 17 |
| 2.3 | As sete ferramentas da qualidade | 20 |
| 2.3.1 | Gráfico de controle ou carta de controle | 21 |
| 2.3.2 | Histograma | 22 |
| 2.3.3 | Folha de controle, check-list ou folha de verificação. | 23 |
| 2.3.4 | Gráfico de Pareto | 23 |
| 2.3.5 | Gráfico de dispersão | 24 |
| 2.3.6 | Causa e efeito ou espinha de peixe | 25 |
| 2.3.7 | Fluxograma | 26 |
| 2.4 | Revisão gráficos de controle | 27 |
| 2.4.1 | Gráfico de controle para variáveis x Gráfico de controle para atributos | 27 |
| 2.4.2 | Gráfico de controle para variáveis | 29 |
| 2.4.3 | Gráfico de controle para atributos | 33 |
| 3 | METODOLOGIA | 35 |
| 3.1 | Produção da bebida mista a base de vinho | 35 |
| 3.2 | Amostragem | 37 |
| 3.3 | Medição do volume da bebida mista a base de vinho | 37 |
| 3.4 | Análise de teor alcoólico da bebida mista a base de vinho | 38 |
| 3.4 | Gráficos de controle | 39 |
| 4 | RESULTADOS | 40 |
| 4.1 | Gráficos para média X e amplitude R para a variável volume de bebida (600 mL) | 40 |
| 4.2 | Gráficos para medidas individuais (MR) e para amplitudes móveis (I) para a variável grau alcóolico. | 42 |
| 4.3 | Gráficos de controle e monitoramento para os atributos número de defeitos na amostra (C) | 45 |
| 5 | CONCLUSÃO | 48 |
| | REFERÊNCIAS | 49 |

| | |
|------------------------------------------|----|
| ANEXO 1 – Gráfico de médias | 51 |
| ANEXO 2 – Gráfico de desvio padrão | 52 |
| ANEXO 3 – Gráfico de amplitudes..... | 53 |

1 INTRODUÇÃO

Processo é uma combinação dos elementos: equipamentos, insumos, métodos ou procedimentos, condições ambientais, pessoas e informações do processo ou medidas, tendo como objetivo a fabricação de um bem ou o fornecimento de um serviço (WERKEMA, 1995).

Os produtos finais produzidos por um mesmo processo nunca são iguais, essa diferença é devido à variabilidade. A classificação da variabilidade é devida a causas especiais e comuns. A causa comum é a que pode e deve ser controlada durante a produção, quando essas variáveis estão acontecendo como o esperado o processo é dito controlado e tem seus resultados previsíveis. Quando ocorrem apenas causas comuns o processo está sob controle.

A qualidade é inversamente proporcional a variabilidade (MONTGOMERY, 2005). Dados sobre a produção ou realização de um serviço por mais que se repitam ou que sejam realizados por um mesmo grupo de pessoas, não são iguais. Quanto mais esses dados estão próximos uns dos outros, menor a variabilidade e melhor a qualidade.

O CEP foi desenvolvido por Walter A. Shewhart em 1924 através dos gráficos ou carta de controle. Shewhart adaptou os conceitos de estatística para o ambiente organizacional, formulando uma ferramenta gráfica que possibilitava distinguir de maneira clara os desvios ocasionados por variações comuns dos processos – causas normais – daquelas causas especiais, que não eram inerentes aos processos (RODRIGUES; BACHEGA, 2015). Com a identificação dos desvios do processo é possível identificar as causas do problema para em seguida realizar ações de correções na linha de produção.

O CEP possibilita monitorar as características de interesse, assegurando sua manutenção dentro de limites preestabelecidos e indicando quando adotar ações de correção e melhoria. Permite ainda a redução sistemática da variabilidade nas características da qualidade do produto, em um esforço de melhorar a qualidade intrínseca, a produtividade, a confiabilidade e o custo do que está sendo produzido (SOARES, 2001).

Dentre as principais vantagens de adotar o CEP na produção de bens e serviços citam-se o aumento da produção sob condições ótimas, redução da inspeção no fim da linha, redução de atrasos, redução do custo por unidade, redução do nível de defeituosos, redução de retrabalho, manutenção da eficiência operacional, eliminação de ajustes desnecessários,

melhoria na qualidade, melhor conhecimento do processo e onde investir em melhorias (SOARES, 2001).

A qualidade evoluiu desde a adequação ao padrão de produção até adequação as necessidades dos clientes. A qualidade observou diferentes abordagens ao longo do tempo sendo até hoje fator de sucesso para as empresas. Com o acirramento da competição a qualidade passou a ser uma questão de sobrevivência no mundo empresarial (MARINO, 2006).

As empresas precisam constantemente aprimorar produtividade, qualidade e eficiência, que exige bom estruturamento, comunicação fácil e ambiente de valorização do ser humano. Para que estejam enquadradas neste contexto, algumas empresas adotaram e readequaram técnicas de qualidade, queima de linhas de produtos não competitivos, adoção de fluxo de produção mais eficiente, dentre outros processos que a tornem mais competitiva (MARINO, 2006).

A melhoria da qualidade exerce forte influência sobre o bom desempenho da produção e aumento dos lucros. As receitas podem ser incrementadas por melhores vendas e por preços mais altos no mercado. Os custos, por sua vez, podem ser reduzidos pela melhor eficiência, produtividade e uso do capital. A qualidade reduz custo e aumenta a confiabilidade proporcionando maiores lucros (MAGALHÃES, 2019).

Compreender e melhorar a qualidade são um fator-chave que conduz ao sucesso, crescimento e a uma melhor posição de competitividade de um negócio. O uso bem empregado da qualidade como parte integrante da estratégia geral da empresa produz retorno substancial sobre o investimento. A qualidade tornou-se um dos mais importantes fatores de decisão dos consumidores na seleção de produtos e serviços que competem entre si (MONTGOMERY, 2005).

Constatando que a qualidade implica na redução de custos, aumento de produtividade e competitividade, é extremamente necessário verificar como as empresas gerenciam seus métodos de produção na busca que melhorar seus processos, definindo padrões de produção para gerar um produto que atenda ou até mesmo supere as expectativas dos clientes e do mercado.

O objetivo geral desse trabalho foi: implementar gráficos de controle estatístico de processos em uma indústria de bebidas de pequeno porte, especificamente na bebida mista a

base de vinho, visando gerar uma ferramenta capaz de monitorar o processo de forma constante e com isso aumentar a qualidade do processo e do produto.

Os específicos foram: identificar quais as variáveis críticas de qualidade na produção e envase de bebida mista a base de vinho; verificar o comportamento dos atributos de qualidade através da análise estatística das variáveis de processo; detectar quais os problemas ao longo da cadeia de processamento que precisam ser considerados como prioritários e propor alternativas e medidas de melhorias quando o processo não estiver sob controle.

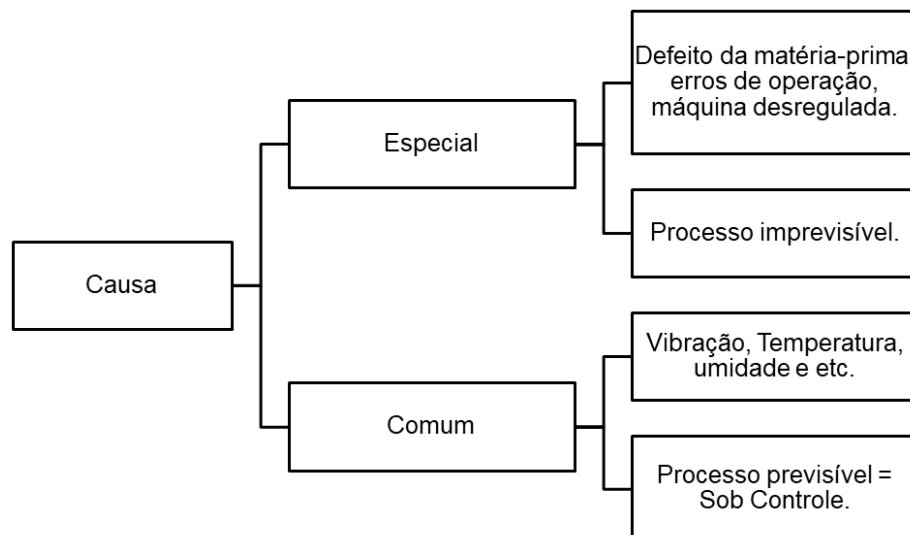
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Variabilidade de processos

A variação está presente nas matérias-primas, na habilidade dos operadores e nos equipamentos. Até a mesma peça produzida por um único operador numa única máquina provavelmente revelaria alguma variação como tempo. Shewhart classificou a variabilidade em aceitável - gerada do acaso - e inaceitável-gerada de falhas de equipamentos e gestão (GARVIN, 1992).

Uma causa especial é facilmente identificável pela amplitude de sua influência. As causas especiais são esporádicas representam por volta de 15% dos problemas existentes num processo. Elas produzem grandes perturbações e, por isso, são fáceis de identificar, e geralmente também são de fácil remoção, que pode ser feita no próprio local de trabalho por operários treinados ou por equipes de manutenção, ocorrem por defeitos na matéria-prima e outros erros mostrados na Figura 1.

Figura 1 - Causas especiais e comuns da variabilidade

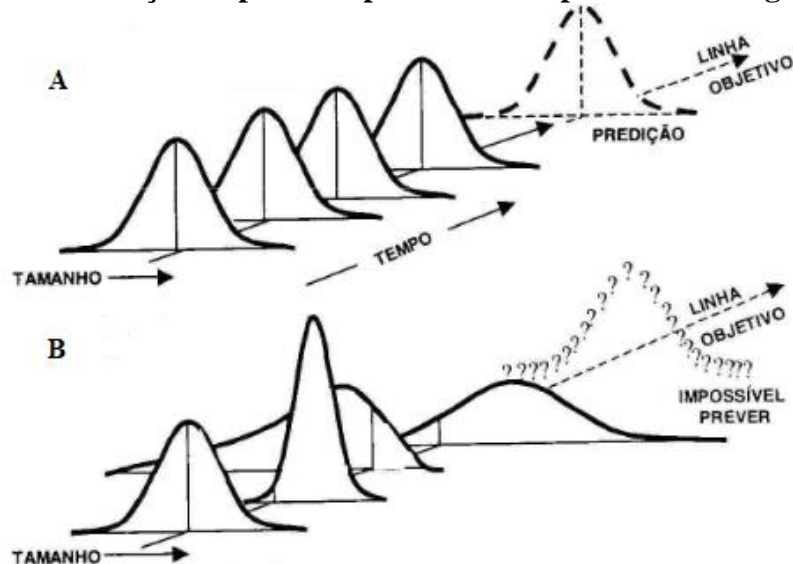


Baseado em: Martins (2010).

Um processo de alta qualidade tem baixa variabilidade, comportamento previsível ligada a causas comuns, como mostrado na Figura 2 - A. O processo imprevisível, Figura 2 - B, é influenciado por causa comuns e especiais, que torna sua distribuição inconstante e impossível de determinar o comportamento do próximo processo e qualidade dos produtos e

serviços gerados. A maneira de identificar esse comportamento do processo é através do Controle Estatístico de Processo CEP a partir do uso das cartas de controle estatístico.

Figura 2 - Distribuição de processo previsível e imprevisível ao longo do tempo.



2.2 Evolução histórica da qualidade

Durante o século 18 a produção de quaisquer bens era manual e realizada por artesões. Quando as produções artesanais foram se aprimorando e aumentando o volume de produção para uma escala industrial, os primeiros modelos de gestão que surgiram foram o taylorismo e em seguida o fordismo no começo do século 19. Ambos tinham como características ritmo intenso de produção, crescimento sem controle, centralização e especialização do trabalho. A falta de motivação dos funcionários levava a baixa produtividade (MACHADO, 2012).

A descoberta da máquina a vapor durante a revolução industrial no século 19 proporcionou o êxodo rural na Europa. A população deixou de trabalhar com a agricultura e passou a colaborar nos processos de produção industrial. A forma que era realizada esse serviço era bastante precária, o trabalho era repetitivo, contínuo e mecanizado. As jornadas de trabalho não tinham hora para acabar e os trabalhadores não dispunham de direitos.

No taylorismo (1875) os processos fabris dispunham de divisão de trabalho, padronização dos métodos e ferramentas e a remuneração por produção. Henry Ford (1900-1930) propagou a linha de produção, que permitia que seus carros fossem montados com mais rapidez aumentando o volume de produção. Essa época chamada de era da inspeção da qualidade tinha como preocupação separar os produtos bons dos produtos defeituosos.

Demonstrando como a qualidade era precária os primeiros carros da Ford vinham com ferramentas para que o proprietário pudesse fazer reparos.

A era de inspeção quase tudo era fabricado por artesãos e artífices habilidosos ou trabalhadores experientes e aprendizes sob a supervisão dos mestres de ofício. Produziam-se pequenas quantidades de cada produto; as peças eram ajustadas umas as outras manualmente e, após os produtos prontos a inspeção era informal. A inspeção formal só passou a ser necessária com o surgimento da produção em massa e a necessidade de peças intercambiáveis. O processo exigia um grande grupo de mão de obra qualificada, era caro e demorado (GARVIN, 1992).

A segunda era da qualidade é conhecida como era do controle estatístico, aconteceu entre a crise de 1929 e a segunda guerra mundial. Essa era passou a utilizar técnicas de amostragem ao invés de inspecionar 100% do que foi produzido. A adoção de ferramentas estatísticas gerou economia e confiança nos resultados (MARTINS; COSTA NETO, 1998). Na Bell Telephone Laboratories foi criada a amostragem por base estatística e os gráficos de controle de Shewart. Foi a primeira vez que a estatísticas e suas ferramentas foram utilizadas para garantir a qualidade de fabricação. A sua adoção, que foi lenta, gerou redução nos custos de inspeção e de itens defeituosos, seguido do aumento da produtividade e da qualidade.

O controle estatístico de processo possibilita monitorar as características de interesse, assegurando sua manutenção dentro de limites preestabelecidos e indicando quando adotar ações de correção e melhoria. Permite ainda a redução sistemática da variabilidade nas características da qualidade do produto, em um esforço de melhorar a qualidade intrínseca, a produtividade, a confiabilidade e o custo do que está sendo produzido (SOARES, 2001).

William Edwards Deming seguidor dos estudos de Shewhart defendia que a gestão da qualidade deveria utilizar uma abordagem na qual os métodos estatísticos seriam utilizados como ferramentas que possibilitariam a identificação e controle contínuos das variabilidades dos processos (RODRIGUES, BACHEGA; 2015). Deming além de disseminar as ideias de Shewart no mundo, criou o ciclo PDCA que é amplamente utilizado até hoje na gestão da qualidade.

As principais mudanças nessas correntes de gestão se deram após a segunda guerra mundial, devido ao crescimento e desenvolvimento das indústrias automobilísticas japonesas influenciadas pelo toyotismo, caracterizado por uma flexibilização da produção e redução dos

estoques de produtos (MACHADO, 2012). Os conceitos e ferramentas da qualidade surgiram nos EUA, mas foi o Japão quem dominou e aprimorou essas técnicas após consultorias de Deming e Juran, pois o país precisava recuperar sua economia que foi devastada na grande guerra.

A terceira era da qualidade ocorreu entre as décadas de 50 a 70 com o surgimento dos conceitos de custos da qualidade, controle total da qualidade, técnicas de confiabilidade e o programa zero defeitos. A qualidade passou a ser vista como uma nova forma de gerenciamento, a mesma deveria está presente desde o projeto até a satisfação do cliente ao fazer uso do produto ou serviço. A qualidade deveria estar presente durante toda a cadeia de produção. A prevenção de defeitos ainda era uma característica marcante dessa era.

A última era da qualidade é a gestão estratégica da qualidade. Ela não tem uma linha de pensamento único, é uma mistura dos principais conceitos das eras anteriores com a nova visão das necessidades do cliente. A qualidade é feita para o cliente e é ele quem a define. Surgiu a partir da concorrência com os produtos japoneses que eram de qualidade e de confiança. A qualidade tem grande importância para os níveis estratégicos da empresa é a única maneira de se manter competitivo e influente no mercado.

A qualidade passa a ser utilizada para obter o sucesso competitivo da empresa, objetivando ultrapassar a qualidade de suas concorrentes e buscando sempre sua melhoria contínua. Todos os departamentos passam a ser responsáveis pela qualidade, devendo a alta direção ter uma participação ativa em todo o processo, com o objetivo de não só treinar os funcionários, mas garantir que eles também estejam envolvidos no processo. As maiores mudanças consistem em treinamentos em qualidade para gerentes e demais funcionários, planejamento da organização com foco nos objetivos da qualidade e criação de indicadores para medir e acompanhar o progresso, as metas e os resultados (LIMA, 2009).

A quarta era da qualidade foi onde a mesma teve sua importância reconhecida e teve adoção expressiva pelas organizações. Com sua expansão surgiram os sistemas de gestão integrada como o Controle da Qualidade Total TQC, Gestão da Qualidade Total TQM e a ISO 9000.

Os princípios básicos do TQC japonês é a qualidade em primeiro lugar, busca pela satisfação total do cliente, uso do controle de processo, ação preventiva de problemas, gerenciamento participativo e comprometimento da alta gerência (ZVIRTES, 2014). A gestão

da qualidade total é uma metodologia de gestão que visa a satisfação do cliente e a melhoria contínua. Os benefícios da utilização da TQM na gestão de organizações são muito importantes e podem ser vistos na melhoria da eficiência operacional, na otimização de recursos, redução de custos e no aumento da motivação dos colaboradores (NOGUEIRA, 2011).

A expressão ISO 9000 designa um grupo de normas técnicas que estabelecem um modelo de gestão da qualidade para organizações em geral, não importando a sua dimensão. A sigla "ISO" se refere à International Organization for Standardization, criada em 1946 após final do conflito internacional, representantes de 25 países reuniram-se em Londres e decidiram criar uma nova organização, para padronização, com o objetivo de "facilitar a coordenação internacional e unificação dos padrões industriais" (SILVA, 2013).

A metodologia Seis Sigma visa a melhoria de processos estratégicos e desenvolvimento de novos produtos e serviços. Baseia-se em métodos estatísticos e científicos para reduções drásticas nas taxas de defeito definidas pelo cliente (LINDERMAN et al., 2003; DORA; GELLYNCK, 2015). A metodologia Seis Sigma foi criada pela Motorola na década de 80 para enfrentar a ameaça japonesa na indústria eletrônica (BANUELAS et al., 2005). A metodologia Seis Sigma significa 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO), sendo que o termo "sigma" representa a variação do processo em relação à média.

A qualidade continuará a se adaptar aos gostos e pensamentos dos consumidores. Irá muito além do consumo, mas questões como origem da matéria-prima, processamento, tratamento de resíduos e questões sociais das empresas traçarão seu sucesso. Como exemplo atual temos a comoção popular após a morte de um cachorro no estacionamento do Carrefour em Osasco, por um funcionário vigilante, os clientes repudiaram o ato e se opuseram a consumir os produtos da loja, ocasionando no seu fechamento (OPOVO, 2018).

2.3 As sete ferramentas da qualidade

As sete ferramentas da qualidade são um conjunto de metodologias criadas por Kaoru Ishikawa e aprimoradas por outros estudiosos, amplamente difundidas como forma de melhorar os processos das empresas. Desde então, as ferramentas vem sendo utilizadas nos sistemas de gestão e auxiliam na melhoria dos serviços e processos. São utilizadas para definir, mensurar, analisar e propor soluções aos problemas que interferem no desempenho e no resultado das empresas. Elas ajudam a estabelecer métodos mais elaborados de resolução

baseados em fatos e dados, o que aumenta a taxa de sucesso dos planos de ação (RAMOS, 2018).

As sete ferramentas da qualidade são: gráficos de controle, histograma, folha de controle, gráfico de Pareto, gráfico de dispersão, diagrama causa e efeito e fluxograma. A seguir será detalhada cada uma das ferramentas da qualidade.

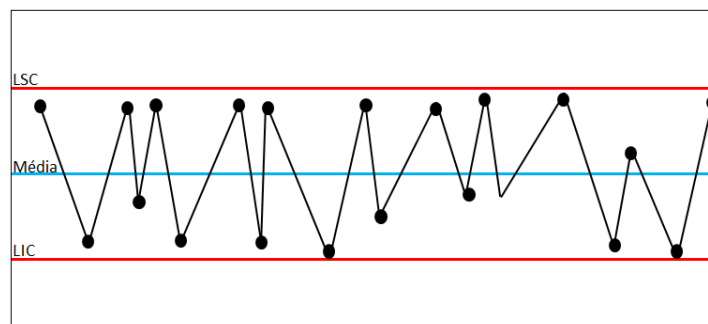
2.3.1 Gráfico de controle ou carta de controle

O gráfico de controle registra medidas de uma característica específica da qualidade que se deseja controlar, em função do tempo, tendo como referência medidas de amostras dos dados. Para saber se o processo estudado está sob controle, são analisados as linhas que compõem o gráfico:

- Linha central: representa a média da característica analisada.
- Linha limite superior de controle (LSC): representa três vezes o desvio padrão acima da linha central. É o valor máximo que os dados podem se aproximar.
- Linha limite inferior de controle (LIC): representa três vezes o desvio padrão abaixo da linha central. É o valor mínimo que os dados podem se aproximar.

De maneira geral, quando os pontos estão dispostos entre as linhas limites de forma aleatória, o processo está sob controle. A Figura 3 tem um exemplo ilustrativo de gráfico de controle para um processo controlado.

Figura 3 - Gráfico de controle para amostras medidas ao longo do tempo.



Fonte: Autor, 2018.

O Western Electric Handbook (MONTGOMERY, 2004) sugere um conjunto de regras de decisão para identificar padrões não-aleatórios em gráficos de controle. Listamos essas regras a seguir:

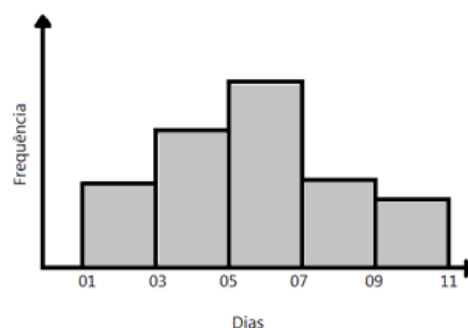
- Um ponto se localiza fora dos limites de controle três sigma;
- Dois, em três pontos consecutivos, se localizam além dos limites de alerta de dois sigma;
- Quatro, em cinco pontos consecutivos, localizam-se a uma distância de um sigma ou mais em relação à linha central;
- Oito pontos consecutivos localizam-se de um mesmo lado da linha central.

Os objetivos do uso do gráfico de controle são: monitoramento do processo on-line permitindo correções imediatas, possibilita estimar parâmetros do processo de produção para saber a capacidade do processo, proporciona informações para melhorias e reduzir a variabilidade do processo (MONTGOMERY, 2004).

2.3.2 Histograma

A contagem de acontecimentos como número de acidentes, quebras de equipamentos, paradas de produção, perdas, retrabalho pode ser feita e dividida por classes. O histograma permite juntar essas informações e mostrá-las em um gráfico de acordo com a frequência que as mesmas ocorrem, em um determinado período de tempo. Dessa forma o gráfico constitui uma ferramenta prática e rápida de observar se o evento estudado ocorre dentro do esperado ou permitido. Na Figura 4 tem um exemplo de histograma.

Figura 4 - Histograma referente ao tempo médio de espera para a chegada de matéria prima



Fonte: Autor, 2018

2.3.3 Folha de controle, check-list ou folha de verificação.

Possibilita a coleta de dados para gerar gráficos de controle, gráfico de pareto e outras ferramentas da qualidade. A folha de controle pode ser uma tabela ou ter um formato de planilha. Deve ter o nome do analista, horário da coleta de dados e a contagem dos itens que se deseja analisar. Na Figura 5 tem uma folha de verificação para uma linha de produção de bebidas.

Figura 5 - Folha de controle para produção de bebidas.

| Empresa _____ | | |
|-------------------------|------------|-------------|
| Inspetor _____ | | |
| Linha de produção _____ | | Data _____ |
| Turno e horário _____ | | Lote _____ |
| Defeitos | Quantidade | Observações |
| Volume menor do produto | | |
| Garrafa danificada | | |
| Rótulo mal colocado | | |
| Garrafa sem tampa | | |
| Garrafa mal vedada | | |
| Produto sem lote | | |
| TOTAL | | |

Fonte: Autor, 2018

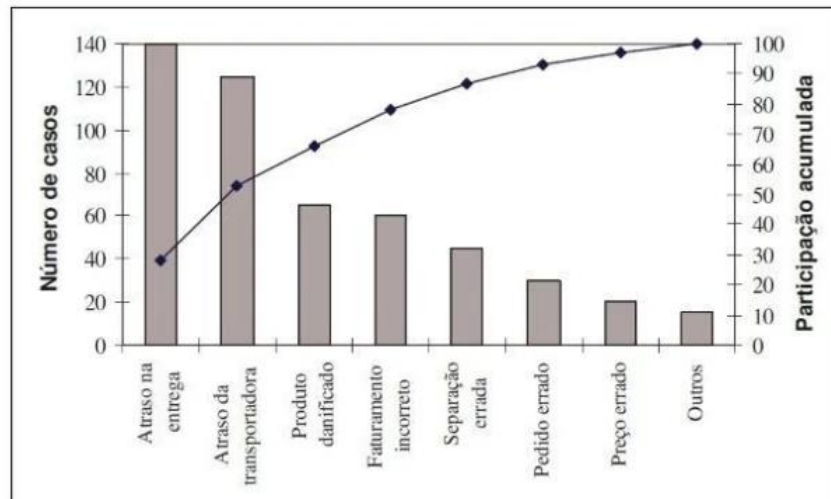
2.3.4 Gráfico de Pareto

A lei de Pareto surgiu após a observação de Vilfredo Pareto em 1923, que atribuiu 80% da riqueza do seu país nas mãos de apenas 20% da população. Essa proporção de 80/20 era aplicada em outros estudos (BEZERRA, 2014). Os problemas puderam ser classificados em triviais, ocorrem em maior quantidade 80%, e os vitais que ocorrem em menor proporção 20%, mas afetam com mais impacto o caso analisado.

Joseph Juran utilizou esse princípio para elaborar o gráfico de Pareto. Esse gráfico é resultado da identificação e quantificação de defeitos em determinado período de tempo, a base de frequências acumuladas, possibilitando identificar quais desses problemas são os triviais e vitais. Os vitais são os que necessitam ser resolvidos com urgência para não falir um negócio, para ter sucesso na adoção de novas normas dentre outras aplicações.

A Figura 6 mostra um gráfico de Pareto para entrega de produtos de uma determinada empresa. É verificado que os problemas que mais afetam a qualidade do serviço, e por esse motivo devem ser sanados com urgência, são atraso na entrega e na transportadora.

Figura 6- Gráfico de Pareto para entrega de produtos.



Fonte: BASTIANI; MARTINS, 2012.

2.3.5 Gráfico de dispersão

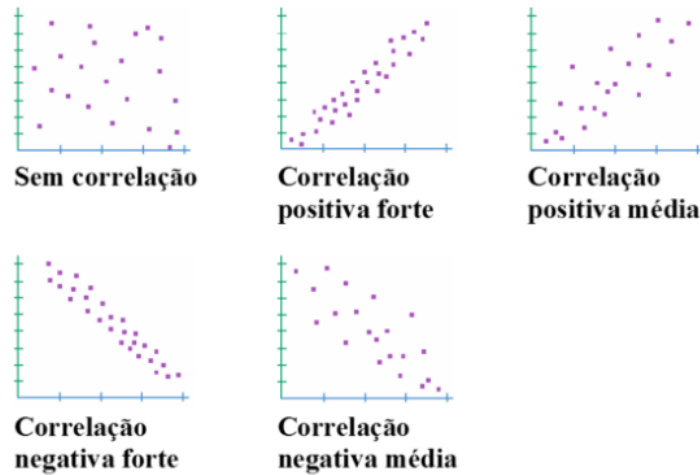
Um gráfico de dispersão é uma representação gráfica da associação entre pares de dados. Esse emparelhamento de dados é o resultado da associação de diferentes medições de certa causa com a medição correspondente da característica de qualidade. Os dados emparelhados podem também ser medições de duas causas, ou duas características de qualidade. Cada par se torna um ponto no gráfico de dispersão (SANTOS; SANTOS, 2018).

O diagrama de dispersão é um gráfico útil para a identificação de relações potenciais entre duas variáveis. Os dados são coletados aos pares sobre as duas variáveis (y_1 , x_1) para $i = 1, 2, 3, \dots, n$. Assim y_1 é plotado versus x_1 . A forma de um diagrama de dispersão indica que tipo de relação pode existir entre duas variáveis. Importante notar que correlação não implica causalidade (MONTGOMERY, 2004). O gráfico de dispersão não é capaz de afirmar que um evento ocorre por causa de uma determinada variável. Apenas estuda a relação entre as mesmas.

Quanto mais os dados estão próximos uns dos outros em um gráfico de dispersão, dizemos que existe uma correlação forte entre os pontos. Quanto mais afastados menor a correlação, mas se esses pontos não tem uma tendência de comportamento, não geram uma

curva ou uma reta, dizemos que as variáveis não tem relação. Exemplos das várias possibilidades de gráficos de dispersão na Figura 7.

Figura 7 - Diferentes relações entre variáveis nos gráficos de dispersão.

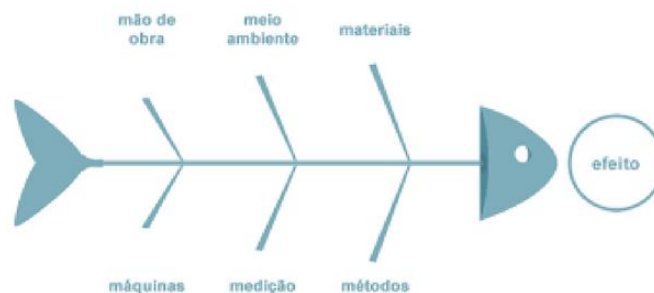


Fonte: SANTOS; SANTOS, 2018.

2.3.6 Causa e efeito ou espinha de peixe

O diagrama causa e efeito foi criado por Kaoru Ishikawa, recebe também o nome de espinha de peixe porque onde seria a coluna do peixe temos o efeito, que constitui o problema identificado, e as espinhas levam as diferentes causas - classificadas em sete categorias: mão-de-obra, meio-ambiente, materiais, máquinas, medição e métodos- que podem ter ocasionado o efeito. A Figura 8 tem a base de um diagrama causa e efeito.

Figura 8 - Diagrama de causa e efeito.



Fonte: SILVEIRA, 2014.

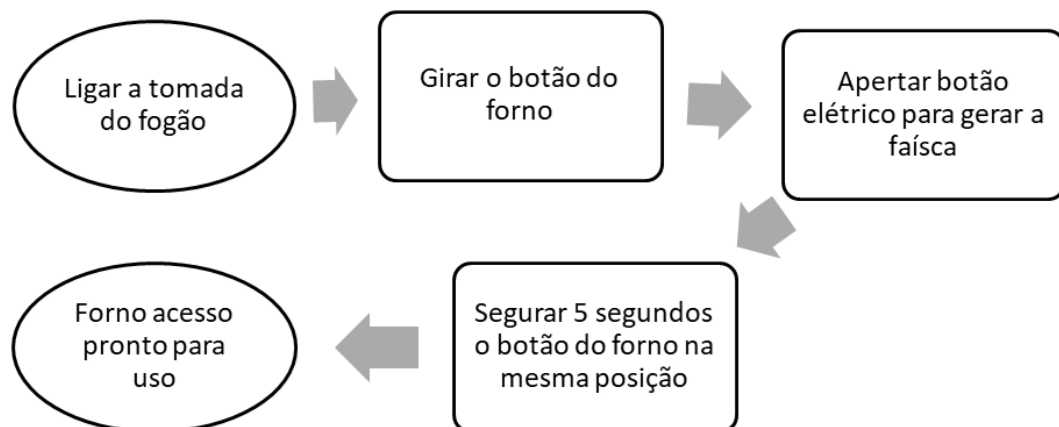
Diante de um efeito as causas são identificadas a partir de um *brainstorming*, que significa uma chuva de ideias, com a equipe de trabalhadores do setor. As possíveis causas são registradas no diagrama dentro das sete classificações. Após preencher o diagrama, são verificadas quais as causas mais prováveis para traçar as ações corretivas.

O diagrama de Ishikawa pode colaborar para chegar à causa raiz do problema, chegar ao resultado do que originou o efeito. Ele possui vantagens que o tornaram uma das ferramentas mais popularmente utilizadas, como a facilidade do entendimento, a disposição das prováveis causas de acordo com a afinidade, colabora para encontrar um número maior de causas, definir a categoria da causa, além de ajudar a definir com mais clareza o problema e a análise do resultado (SILVEIRA, 2014).

2.3.7 Fluxograma

O fluxograma representa uma forma didática de mostrar como um processo funciona, através de etapas sequenciais de uma maneira prática, resumida e intuitiva. São utilizadas figuras geométricas para descrever as etapas, setas para identificar a ordem dos acontecimentos, losangos para demonstrar decisões e etc. A Figura 9 tem um exemplo de fluxograma das etapas para ligar um forno elétrico. As entradas e saídas são caracterizadas pelas elipses e as demais etapas pelos retângulos.

Figura 9- Fluxograma para descrever as etapas de como ligar um forno elétrico.



Fonte: Autor, 2018.

2.4 Revisão gráficos de controle

2.4.1 Gráfico de controle para variáveis x Gráfico de controle para atributos

Uma característica da qualidade que é medida em uma escala numérica é chamada de variável. Para controlar tamanho, largura, espessura, volume, peso, temperatura, pressão, vibração dentre outras características mensuráveis é utilizado o gráfico de controle para variáveis. Nesses gráficos é monitorado tanto o valor médio quanto a variabilidade da característica em análise (MONTGOMERY, 2004).

O nível médio da qualidade é realizado pelo gráfico de controle para médias ou gráfico \bar{x} , já a variabilidade é monitorada tanto pelo gráfico de desvio-padrão ou gráfico S , quanto pelo gráfico de amplitude, chamado de gráfico R . Na Tabela 1 tem um resumo dos gráficos de controle para variáveis.

Tabela 1- Diferença entre os gráficos de controle para variáveis.

| Tipos de gráfico de controle para variáveis | |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gráfico \bar{x} (média aritmética) | Controla a média aritmética do subgrupo racional de uma determinada característica da qualidade |
| Gráfico S (desvio-padrão) | Usado para controlar o desvio-padrão do subgrupo racional de uma característica da qualidade. |
| Gráfico \bar{x} (indivíduos) | Usado quando o intervalo tempo de coleta de dados é muito longo ou não é adequada a formação de subgrupos racionais. |
| Gráfico R (amplitude) | Demonstra a amplitude de valores de medidas individuais de um subgrupo racional. |

Fonte: (PortalAction, 2018).

Quando a característica da qualidade não pode ser medida numericamente é realizada uma classificação para cada item inspecionado em “conforme” ou “não-conforme” ou seja o produto é “não-defeituoso” ou “defeituoso”, as características da qualidade classificáveis são chamadas de atributos (MONTGOMERY, 2004).

Os atributos inspecionados em uma linha de produção podem ser embalagem amassada, ausência de lacres, tampas, rótulos, impressão de data, lote e validade. Dentre os gráficos de controle para atributos, o gráfico de controle para a fração não-conforme ou gráfico p , foca nos itens defeituosos. O gráfico de controle para não-conformidades ou gráfico

c destaca o número de defeitos. O gráfico de controle para não-conformidades por unidade, ou gráfico u traz uma fração de defeitos por um padrão de medida. Na Tabela 2 tem um resumo dos gráficos de controle para atributos.

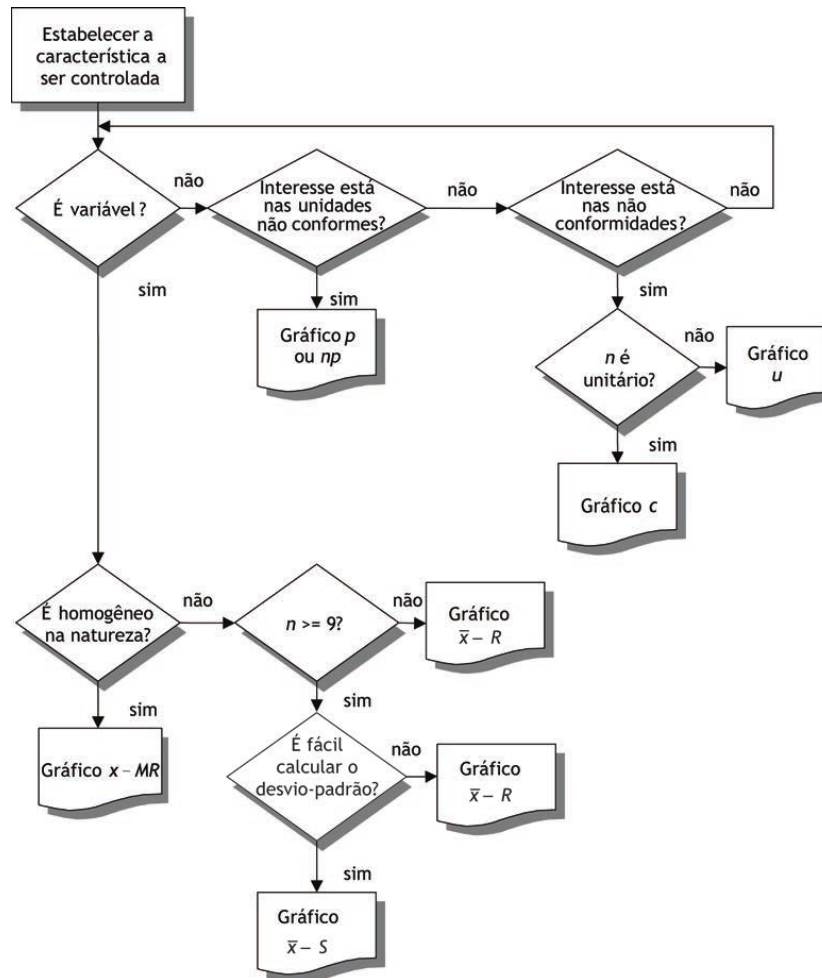
Tabela 2 - Diferença entre os gráficos de controle para atributos.

| Tabela 2 - Gráficos de controle para atributos | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gráfico p (fração defeituosa ou fração de não conforme) | Controla a fração defeituosa em um processo. |
| Gráfico np (número de defeitos ou não conformidades) | Controla o número de defeitos em um processo. |
| Gráfico c (número de defeitos ou não conformidades em amostra de tamanho constante) | Controla o número de vários tipos de defeitos em um processo em uma amostra de tamanho constante. |
| Gráfico u (número de defeitos ou não conformidades em uma amostra) | Controla o número total de defeitos em uma unidade de inspeção de um processo. |

Fonte: (PortalAction, 2018).

A Figura 10 mostra quais são os critérios para escolher entre os gráfico de controle de variáveis ou de atributos para diversas situações. A próxima seção mostra com mais detalhes como são calculados os limites de controle para elaboração dos gráficos de controle utilizados nesse trabalho.

Figura 10- Fluxograma de como deve ser escolhido o gráfico de controle para uma característica da qualidade.



Fonte: Conceitos básicos de controle estatístico da qualidade - Scientific Figure on ResearchGate. Available from: https://www.researchgate.net/figure/Figura-36-Fluxograma-para-escolha-do-grafico-de-controle_fig20_323704207 [accessed 14 Dec, 2018]

2.4.2 Gráfico de controle para variáveis

Gráfico de controle para média e amplitude

O gráfico de média ou gráfico \bar{x} representa as plotagens das médias das medidas amostrais de uma determinada variável. Cada ponto no gráfico representa a média de amostras coletadas por dia/hora/semana. Para cada coleta de dados com amostragem aleatória é calculada as médias amostrais, pela seguinte fórmula:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum \text{amostras}}{\text{Total de amostras}} = \frac{\sum_{i=1}^n x}{n} \quad (1)$$

Onde:

\bar{x} é a média dos valores das amostras por coleta;

x é a coleta de amostra;

n é a quantidade de amostras.

Depois de calculadas as médias de todas as coletas, é calculada a média das médias amostrais através da fórmula:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \bar{x}_i \quad (2)$$

Onde:

$\bar{\bar{x}}$ é a média das médias amostrais;

m é o número de coletas realizadas;

x_i é a média amostral de cada coleta.

O gráfico de amplitude R demonstra a variabilidade do processo, primeiramente é calculada a amplitude de cada coleta de dados através da fórmula:

$$R = x_{m\acute{a}x} - x_{m\acute{i}n} \quad (3)$$

Onde:

R é a amplitude por coleta;

$x_{m\acute{a}x}$ é o maior valor das amostras presentes em uma coleta;

$x_{m\acute{i}n}$ é o menor valor das amostras presentes em uma coleta.

A média das amplitudes é representada por \bar{R} e calculada por:

$$\bar{R} = \frac{\Sigma \text{amplitudes das coletas}}{\text{Total de coletas}} = \frac{\Sigma_{i=1}^m R}{m} \quad (4)$$

Onde:

R é a amplitude por coleta de amostras;

m é o número de coletas realizadas.

O limite Superior de Controle LSC, Limite Central LC e o Limite Inferior de Controle LIC para o gráfico \bar{x} , na condição de uma distribuição normal dos dados, são calculados pelas fórmulas:

$$LSC = \bar{\bar{x}} + (A_2 \cdot \bar{R}) \quad (5)$$

$$LC = \bar{\bar{x}} \quad (6)$$

$$LIC = \bar{\bar{x}} - (A_2 \cdot \bar{R}) \quad (7)$$

O LSC, LC e o LIC para o gráfico \bar{R} são calculados pelas fórmulas:

$$LSC = D_4 \cdot \bar{R} \quad (8)$$

$$LC = \bar{R} \quad (9)$$

$$LIC = D_3 \cdot \bar{R} \quad (10)$$

Os coeficientes A_2 , D_3 e D_4 dependem do número de elementos presentes em uma coleta de dados, são valores tabelados para calcular linhas centrais e limites de controle 3σ . Essas constantes estão disponíveis nos anexos, para todos os gráficos trabalhados. Plotando as médias por coleta junto com os limites de controle são gerados os gráficos de controle de média e de amplitude. A disposição desses pontos trazem informações do comportamento do processo.

Gráfico para valores individuais e amplitudes móveis

Os gráficos para valores individuais e amplitudes móveis são um caso particular dos gráficos \bar{x} e R , pois para a variável em estudo é coletado apenas uma amostra em cada coleta, não sendo possível calcular uma média e desvio-padrão devido à presença de valores individuais. A média dos valores individuais é calculada por:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum \text{amostras}}{\text{Total de coletas}} = \frac{\sum_1^m x}{m} \quad (11)$$

Onde:

$\bar{\bar{x}}$ é a média dos valores individuais;

x é a coleta de amostra;

m é a quantidade de coletas.

A amplitude entre duas coletas de dados MR_i , para $i = 1, 2, \dots, n$ é calculada por:

$$MR_i = |x_i - x_{i-1}| \quad (12)$$

Onde:

x_i é a medida de cada variável.

O limite Superior de Controle LSC, Limite Central LC e o Limite Inferior de Controle LIC para construção do gráfico de valores individuais são calculados pelas fórmulas:

$$LSC = \bar{x} + (E_2 \cdot \overline{MR}) \quad (13)$$

$$LC = \bar{x} \quad (14)$$

$$LIC = \bar{x} - (E_2 \cdot \overline{MR}) \quad (15)$$

O LSC, LC e o LIC para o gráfico de amplitudes móveis são calculados pelas fórmulas:

$$LSC = (D_4 \cdot \overline{MR}) \quad (16)$$

$$LC = \overline{MR} \quad (17)$$

$$LIC = (D_3 \cdot \overline{MR}) \quad (18)$$

Os coeficientes D_3 e D_4 como as constantes da seção anterior, são tabelados. O valor d_2 também é um valor tabelado, o E_2 é calculado por:

$$E_2 = \frac{3}{d_2} \quad (19)$$

Após calculados os limites de controle são plotados os dados da variável medida para gerar o gráfico de valores individuais, já as amplitudes plotadas geram o gráfico de amplitudes móveis. Analisando ambos é verificado se o processo está sob controle e caso contrário, são traçadas soluções para resolver o problema.

2.4.3 Gráfico de controle para atributos

Proporção ou fração de defeituosos – Gráfico p

A proporção de defeituosos quantifica quantos itens foram produzidos fora do padrão de qualidade. Para cada coleta de dados é calculado a fração de defeituosos:

$$P_i = \frac{n^\circ \text{ itens defeituosos}}{\text{total de amostras}} \quad (20)$$

A média de defeituosos é calculada assim:

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m p_i}{m} \quad (21)$$

Onde:

\bar{p} é média de defeituosos;

p_i é a fração de defeituosos por coleta;

m é a quantidade de coletas realizadas.

Antes de fazer os gráficos algumas condições devem ser atendidas:

$$(n_i \cdot \bar{p}) \geq 5$$

$$n_i \cdot (1 - \bar{p}) \geq 5$$

Onde, n_i representa o número de elementos em uma coleta de dados.

Satisfeita as condições, os limites são calculados:

$$LSC = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p} \cdot (1 - \bar{p})}{n_i}} \quad (22)$$

$$LC = \bar{p} \quad (23)$$

$$LSC = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p} \cdot (1 - \bar{p})}{n_i}} \quad (24)$$

Com os limites de controle e as frações de defeituosos o gráfico p é gerado.

Gráfico número de defeituosos – NP

O gráfico np é derivado do gráfico p , np é o número de itens defeituosos em uma coleta de dados. É aplicado quando as coletas realizadas tem o mesmo número de amostras. Os limites de controle são calculados pelas fórmulas:

$$LSC = np + 3\sqrt{np \cdot (1 - p)} \quad (25)$$

$$LC = np \quad (26)$$

$$LIC = np - 3\sqrt{np \cdot (1 - p)} \quad (27)$$

De forma análoga aos gráficos anteriores, plotando o número de defeituosos junto com os limites de controle, o gráfico de controle é gerado.

3 METODOLOGIA

A empresa onde foi realizado esse trabalho produz vinho, bebida mista a base de vinho, cachaça, vodka, bebida mista a base de vodka, catuaba e licores. O produto que teve maior volume de produção, durante os três meses disponíveis para a realização desse trabalho, foi a bebida mista a base de vinho 600 mL e por isso foi utilizada para ser a bebida monitorada. Para realizar o controle de um processo, esse processo deve ter um volume de produção grande e constante, para que sejam coletadas as amostras requeridas.

Foi acompanhada cada etapa do processo de produção da bebida, após a compreensão de como é realizada a produção e envase da mesma, foram identificados as principais variáveis e atributos que deveriam ser controlados e monitorados em buscar e melhorar, reduzir custos e desperdícios e aumentar a produtividade e conseqüentemente a qualidade da linha de produção.

As principais observações realizadas ao acompanhar a produção da bebida foram oscilação no volume de líquido, variação de teor alcoólico e defeitos na embalagem do produto acabado. O controle e monitoramento da produção da bebida mista foi realizada em prol de contabilizar e reduzir esses defeitos.

Vai ser explanado primeiro como ocorre a produção da bebida mista a base vinho, para em seguida explicar como foi realizada a amostragem (ou seja, coleta de amostras), as análises/ medições requeridas (teor alcoólico e volume de líquido) e por fim como foram feitos os gráficos de controle.

3.1 Produção da bebida mista a base de vinho

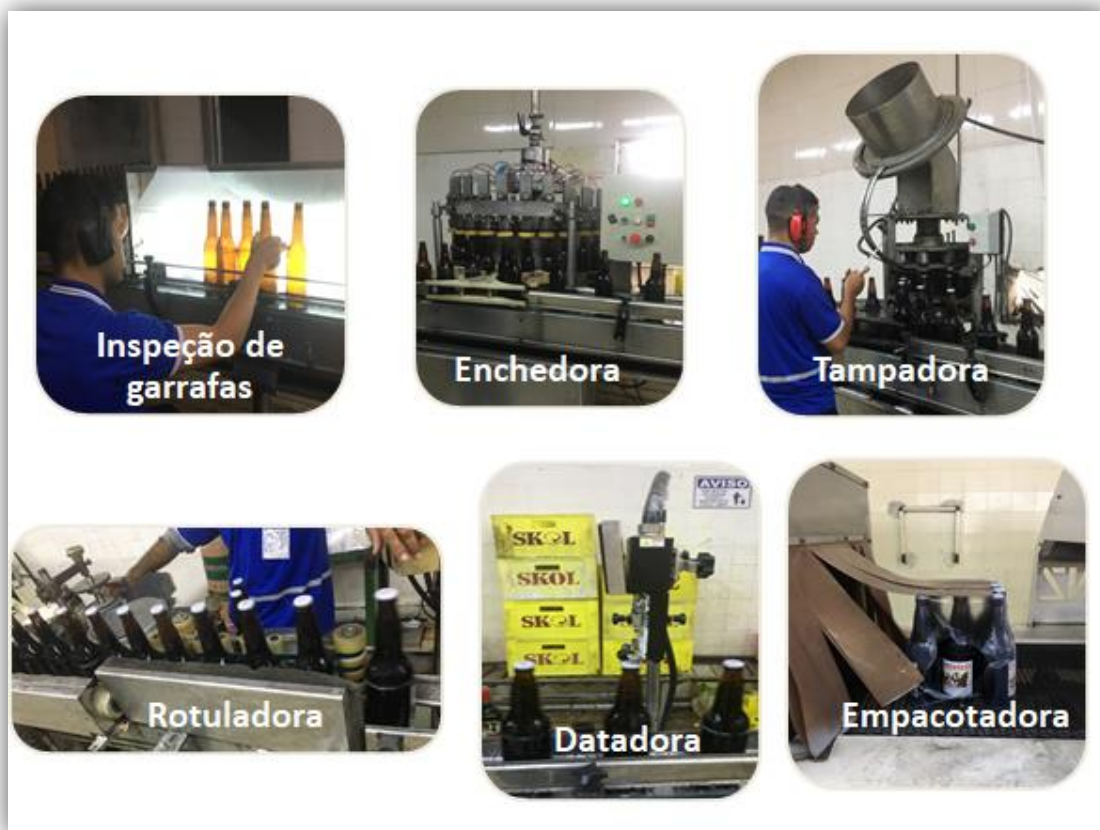
A fábrica possui uma linha de produção específica para bebidas envasadas em embalagens de vidro 600 mL, mas devido a reparos a bebida foi produzida na linha 01, que é uma linha muito antiga e totalmente adaptada. O processo produtivo começa com a saída das garrafas da lavadora para a linha de produção.

As garrafas são reutilizadas, são compradas usadas e são lavadas para poder receber o produto. O processo de lavagem das bebidas ocorre em lavadora Nod, Eralgs18, com capacidade de lavar 3600 garrafas/hora. A lavagem faz uso de solução de NaOH 0,42 M para a desinfecção dos vasilhames seguido de enxague com água clorada.

Na linha de produção as garrafas passam por uma inspeção, onde um refletor acoplado a linha permite um funcionário identificar garrafas trincadas ou com impurezas, que são retiradas da produção. Na sequência, as garrafas em bom estado, passam pela enchedora que é uma máquina adaptada para essa função. Posteriormente as garrafas com a bebida recebem tampas metálicas por uma tampadora – a vibração da máquina é realizada por operador.

A rotulagem é feita por uma máquina, mas necessita de um operador controlando constantemente o nível de cola, a quantidade de rótulos e a qualidade da rotulagem. A impressão de data e lote ocorre automaticamente por datadora digital. O produto pode ser tanto colocado em engradados de 24 unidades ou está disponível em pacotes de 12 unidades. O empacotamento ocorre automaticamente. A Figura 11 mostra passo a passo a linha de produção da bebida a base de vinho.

Figura 11 - Sequência de imagens sobre a produção de bebida mista a base de vinho.



Fonte: o autor, 2019.

3.2 Amostragem

Foi feita amostragem sistemática para coletar na linha de produção, as garrafas de bebida mista a base de vinho para gerar os gráficos de controle da variável volume e para os gráficos de controle para atributo embalagem.

Para realizar a amostragem foram verificadas quantas garrafas de bebida eram produzidas em 1 hora. Calculou-se o R, que representa a razão da produção total em uma hora pela quantidade de amostras retiradas. Foi fixado o número de 05 amostras para serem retiradas por amostragem:

$$R = \frac{(\text{População})}{(\text{Amostra})} = \frac{\text{Total de bebida produzida}}{\text{Total de bebidas analisadas}} \quad (28)$$

Em seguida foi sorteado um número aleatório k entre 01 e R. A sequência de amostras de garrafa foi determinada da seguinte maneira:

Garrafa 01: k

Garrafa 02: k + R

Garrafa 03: (k + R) + R

Garrafa 04: ((k + R) + R) + R

Garrafa 05: (((k + R) + R) + R) + R

Foi feita uma regra de três simples para determinar qual o tempo exato em minuto/segundo que deveria ser retirada a amostra de produto na linha, a partir da sequência gerada.

3.3 Medição do volume da bebida mista a base de vinho

Observada a alta variação no volume de líquido nas embalagens de bebida de 600 mL, Figura 12, foi medido o volume das bebidas mistas produzidas. O volume foi aferido através da transferência do líquido da embalagem para uma proveta graduada, no laboratório da fábrica.

Figura 12- Variação do volume da bebida mista a base de vinho 600 mL.

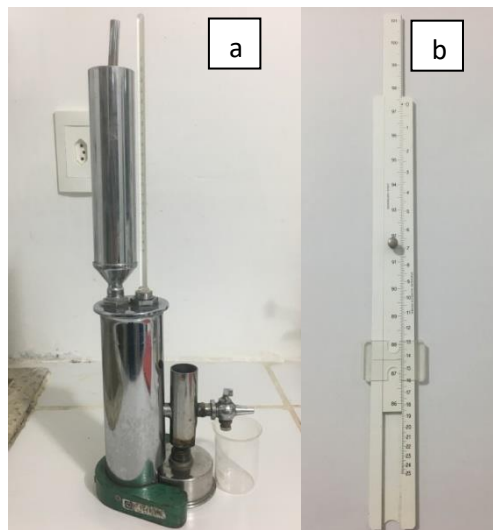


Fonte: O autor, 2019.

3.4 Análise de teor alcoólico da bebida mista a base de vinho

A determinação do teor alcoólico foi feita por ebulliometria (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). O ebuliômetro é um equipamento composto de caldeira com torneira onde a amostra entra em ebulição, condensador para resfriar o sistema, porta pavil que fornece calor para caldeira e um termômetro para verificar a temperatura de ebulição do líquido Figura 13 a. Quando a temperatura da amostra se estabiliza, essa temperatura é usada para verificar o teor alcoólico da amostra a partir da régua plástica com escala de graduação Figura 13 b.

Figura 13 - Ebuliômetro e régua de graduação de 0 a 25°GL.



Fonte: o autor, 2019.

Segundo o Procedimento Operacional Padrão da empresa, consta que a bebida mista a base de vinho deve ter grau alcoólico de $10,5 (\pm 0,5)^\circ\text{GL}$.

3.4 Gráficos de controle

Foram utilizadas 25 coletas de dados para implementar os gráficos de controle e mais cinco coletas para monitorar o processo produtivo. Os gráficos de controle para média (\bar{X}) e amplitude (R) foram feitos para a variável volume de bebida. Os gráficos de controle para medidas individuais (MR) e amplitudes móveis (I) foram feitas para a variável teor alcoólico. O gráfico para atributos (C) foi feito para números de defeitos na amostra, defeitos mostrados no Quadro 1. Esses gráficos foram desenvolvidos no software *Excel*.

Quadro 1 - Check-list para coleta de dados de atributos.

| Produto: Data Hora Amostra | | |
|-------------------------------------------------------|-----------------|---------------------|
| Defeito na embalagem | Conforme | Não-Conforme |
| Bebida está bem tampada? | | |
| Tampa está em boa condição? | | |
| Rótulo está bem vedado? | | |
| Boa impressão e rótulo limpo? | | |
| Garrafa esta em bom estado? | | |
| Tem lote e ele está correto? | | |

Fonte: O autor, 2019.

Foram gerados gráficos de controle e de monitoramento tanto para as variáveis volume de bebida e teor alcoólico quanto para os atributos das embalagens. Quando os pontos coletados são plotados para gerar gráficos de controle, nem sempre se consegue um padrão aleatório dos dados na primeira tentativa. Esse trabalho vai mostrar todas as tentativas necessárias para cumprir as exigências mostradas no item 2.3.1, até a obtenção do gráfico de controle ideal para variáveis e atributos. Novas coletas de dados foram realizadas para poder enfim testar se o processo de produção de bebidas estava sob controle.

4 RESULTADOS

Os dados coletados na empresa foram utilizados para calcular os limites de controle e os pontos foram plotados em busca de formarem um padrão aleatório de distribuição. Nem sempre esse padrão aleatório foi obtido na primeira plotagem dos pontos, dessa forma os pontos que não estavam de acordo com as recomendações do Western Electric Handbook (ver seção 2.2.1), precisaram ser retirados e com isso novos limites são calculados, gerando gráficos mais apropriados ao padrão aleatório do processo da empresa.

Os gráficos de controle para as variáveis são analisados em par. Os pontos dos gráficos de controle de média e de amplitude (ou valores individuais e amplitudes móveis) devem ser aleatórios e com os pontos distribuídos entre os limites de controle. Se um ponto estiver além dos limites de controle em qualquer um dos dois gráficos, esse ponto deve ser eliminado, em ambos os gráficos, e calculado novos limites de controle para gerar novos gráficos de controle aleatórios.

Em todos os casos, após definirmos os gráficos de controle mais adequados para o controle das variáveis ou de atributos presentes no processo da empresa, foi iniciado o monitoramento do processo de acordo com os gráficos já definidos e com padrão aleatório estabelecido. Através no monitoramento através dos gráficos é possível monitorar se de fato a produção está sendo conduzida de maneira aleatória e sem causas especiais de variação, ou seja, qualquer alteração no comportamento do padrão aleatório do gráfico é um indício de que causas atribuíveis ou especiais estão presentes no processo e as mesmas precisam ser contornadas para que o processo seja conduzido novamente sob controle.

4.1 Gráficos para média \bar{X} e amplitude R para a variável volume de bebida (600 mL)

Os gráficos de média (\bar{X}) e de amplitudes (R) alcançaram um padrão aleatório na primeira plotagem. As Figuras 14 e 15 dispõem desses gráficos.

Figura 14- Gráfico de controle de médias para o volume das bebidas produzidas.

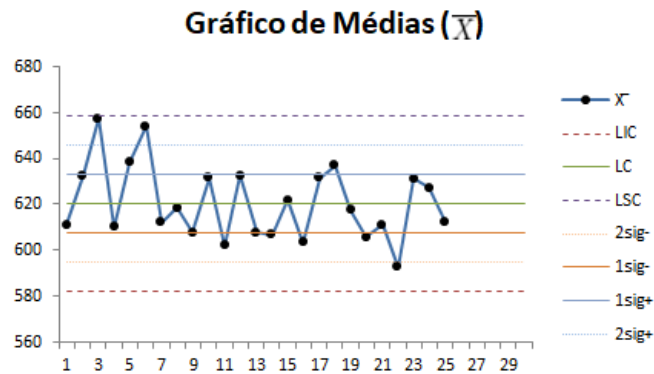
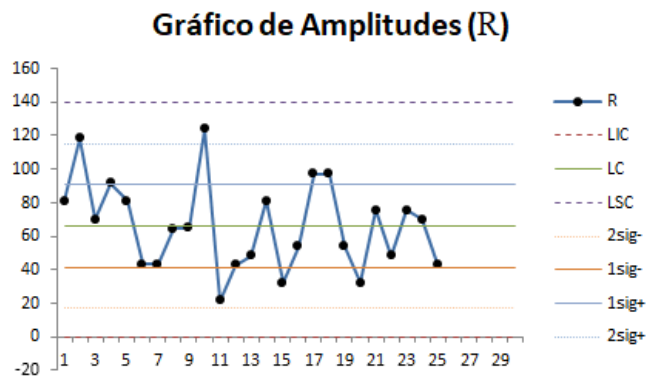


Figura 15 - Gráfico de controle as amplitudes dos volumes das bebidas produzidas.



A empresa vende 600 mL de bebida por garrafa e como mostrado no gráfico de média na Figura 14, as garrafas estavam com média de 620 mL. A empresa envasa frequentemente 15000 L da bebida mista em um dia de produção e simulou-se na Tabela 3, quantas garrafas são envasadas com os volumes ideais 600 mL e com o volume médio.

Tabela 3- Quantidade de garrafas de produto enchidas na teoria e na prática.

| Simulação para produção de 15000 L de bebida | |
|-----------------------------------------------------|------------------------------|
| Situação ideal | Situação real |
| 600 mL ~ 1 garrafa | 620 mL ~1 garrafa |
| 15000000 mL ~2500 garrafas | 15000000 mL ~2419,3 garrafas |

A diferença de garrafas da situação prática para a ideal é de 80,7 garrafas. Essa quantidade de garrafas é a que a empresa deixa de encher devido a falhas da enchedora. Em uma semana com esse mesmo volume de produção o prejuízo sobe para 403,5 garrafas. Após a elaboração dos gráficos de controle foi monitorado cinco dias de produção. Os gráficos para monitoramento estão nas Figuras 16 e 17.

Figura 16 - Gráfico de monitoramento das médias para o volume das bebidas produzidas, monitoramento nos pontos verdes.

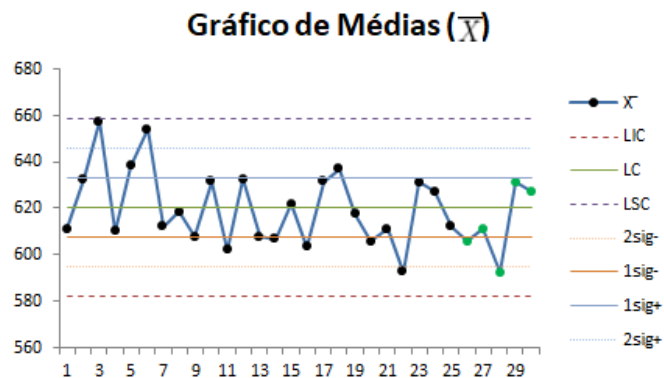
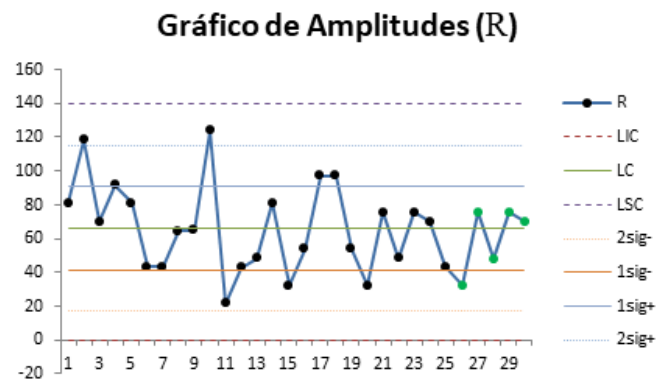


Figura 17- Gráfico de monitoramento das amplitudes dos volumes das bebidas produzidas, monitoramento nos pontos verdes.



É observado nos gráficos 16 e 17 que as produções monitoradas indicam que o processo de produção de bebidas está sob controle, pois esses pontos apresentam padrão aleatório dentro dos limites de controle.

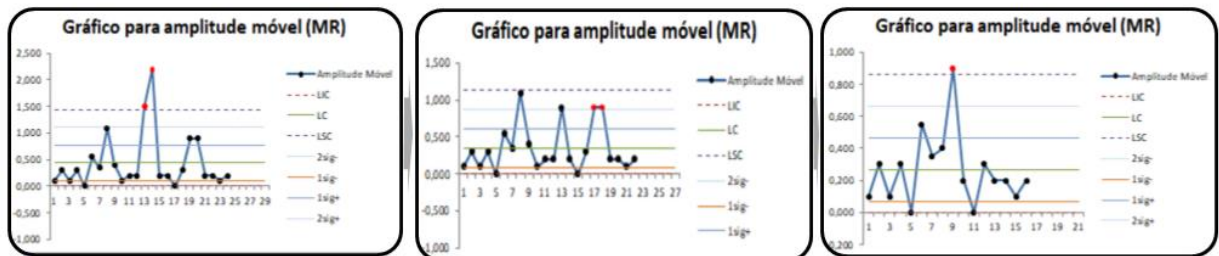
4.2 Gráficos para medidas individuais (MR) e para amplitudes móveis (I) para a variável grau alcóolico.

A construção dos gráficos de controle se deu em várias etapas. Pois como já mencionado o padrão da distribuição dos pontos deve ser aleatória. Foram realizadas 3 tentativas de construção desses gráficos para conseguir essa distribuição, as Figuras 18 e 19 contêm as segundas tentativas dos gráficos de controle para medidas individuais e amplitudes móveis.

Figura 18 - Tentativas de construção de gráfico de controle para valores individuais em busca de um padrão aleatório.



Figura 19 - Tentativas de construção de gráfico de controle para amplitudes móveis em busca de um padrão aleatório.



Na primeira tentativa de construção de gráfico de controle é observado que o ponto 14 está abaixo do LIC no gráfico de valores individuais, já no gráfico de amplitudes móveis os pontos 14 e 15 excederam o LSC. Essas amostras foram excluídas e os demais pontos foram usados para calcular novos limites de controle para os dois gráficos.

Na segunda tentativa de construção de gráfico de controle para valores individuais os pontos 9, 10, 11 e 12 são 4 de 5 pontos consecutivos que estão abaixo da linha 1σ -, indicando um padrão não aleatório. No gráfico de amplitudes móveis, os pontos 20 e 21 são dois de três pontos consecutivos que se encontram além dos limites 2σ +. Esses pontos foram também excluídos e os demais pontos foram usados para calcular novos limites de controle.

Na terceira tentativa de gráfico de controle o ponto 16 se apresentou acima do LSC no gráfico de amplitudes móveis, dessa forma esse ponto foi eliminado tanto no gráfico de valores individuais quanto no gráfico de amplitudes móveis. Novos limites de controle foram calculados com os pontos restantes.

Os gráficos de controle aleatórios para valores individuais e amplitudes móveis foram obtidos na quarta tentativa, com os pontos distribuídos aleatoriamente, como mostrado nas Figuras 20 e 21.

Figura 20- Gráfico de controle para valores individuais para a variável grau alcóolico.

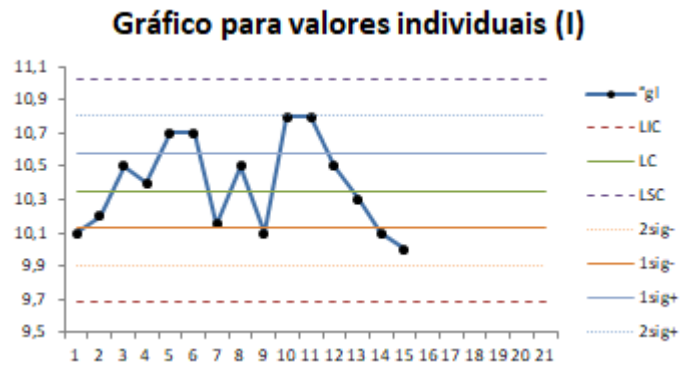
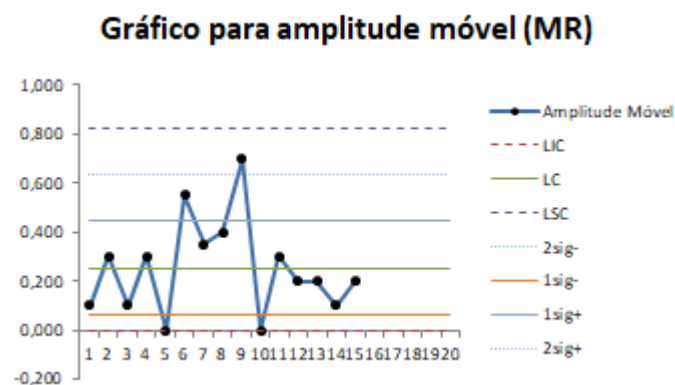


Figura 21- Gráfico de controle para amplitude móvel para a variável grau alcóolico.



O nível alcóolico da bebida teve valor médio 10,3 °GL e variou com mais frequência entre 10,0 a 10,8 °GL. Esses resultados estão dentro da variação permitida pelas normas da empresa. Foi monitorado cinco dias de produção e elaborado os gráficos de monitoramento das mesmas, disponível nas Figuras 22 e 23.

Figura 22- Gráfico de monitoramento das medidas de valores individuais para a variável teor alcóolico das bebidas produzidas, monitoramento nos pontos verdes.

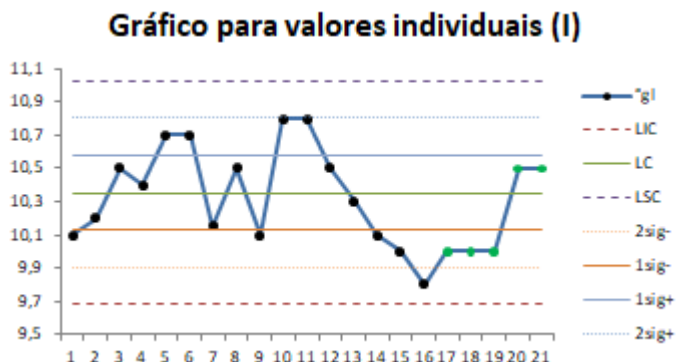
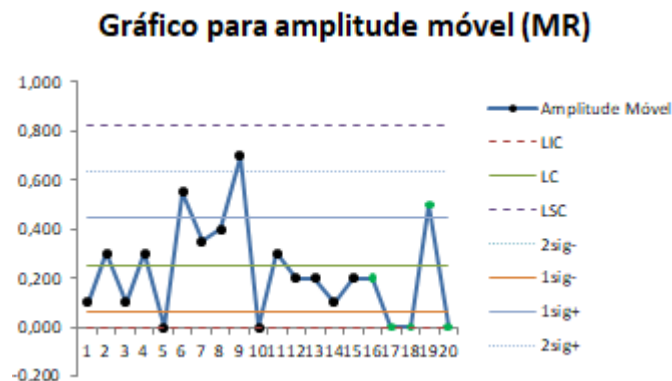


Figura 23 - Gráfico de controle para amplitudes móveis para a variável teor alcóolico das bebidas produzidas, monitoramento nos pontos verdes.



Os processos monitorados nas Figuras 22 e 23 estão sob controle, o teor alcóolico variou menos que na etapa de controle, oscilando entre 10 a 10,5 °GL.

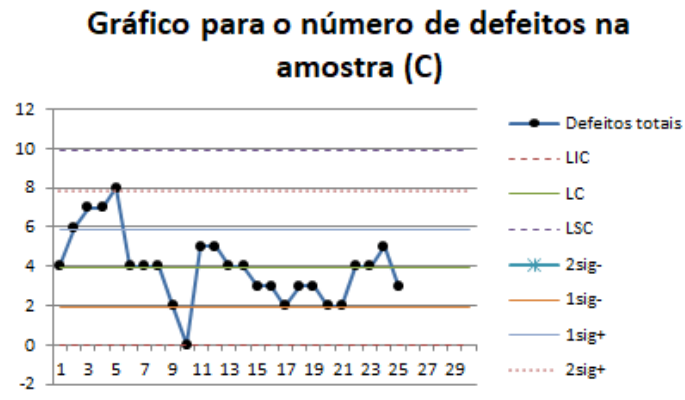
4.3 Gráficos de controle e monitoramento para os atributos número de defeitos na amostra (C)

Os atributos verificados nesses gráficos foram:

- Bebida está bem tampada?
- Tampa está em boa condição?
- Rótulo está bem vedado?
- Boa impressão e rótulo limpo?
- Garrafa está em bom estado?
- Tem lote está correto?

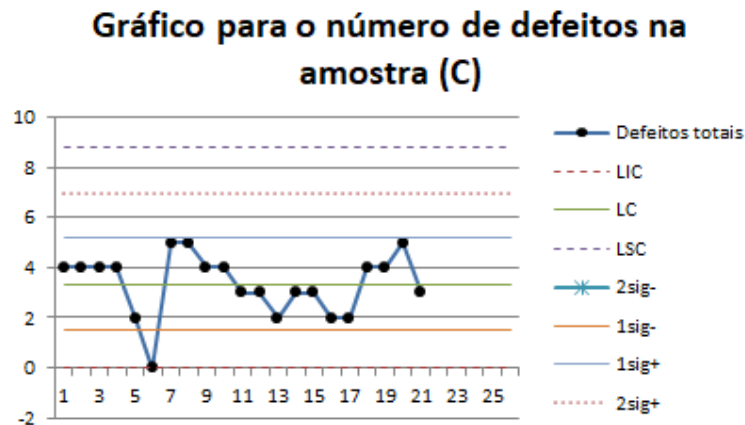
O gráfico de controle para o número de defeitos por amostra foi gerado em duas tentativas. Na primeira tentativa cinco pontos estavam além de um dos limites de controle, estão esses pontos tiveram de ser retirados na elaboração de um novo gráfico:

Figura 24 - Tentativas de construção de gráfico de controle para números de defeito por amostra, em busca de um padrão aleatório.



O gráfico de controle com padrão aleatório e pontos dispostos entre os limites de controle, está em Figura 25:

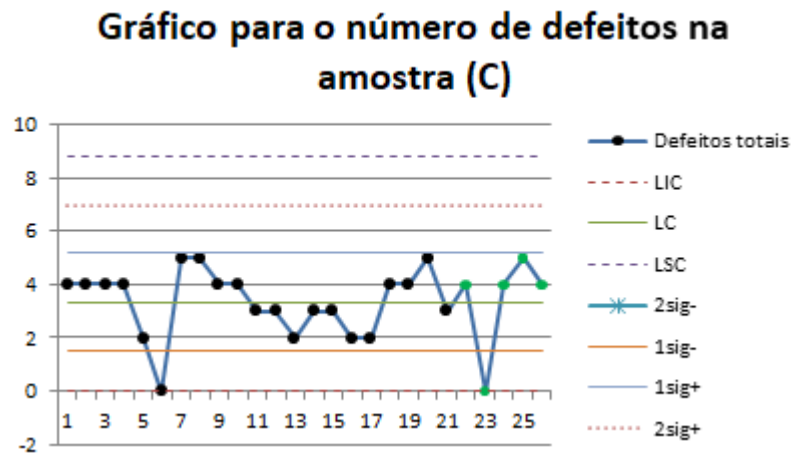
Figura 25- Gráfico de controle para número de defeitos na amostra.



O gráfico 25 mostra que a média de defeitos por amostra é de 3,8 defeitos. O defeito que mais foi verificado foi a garrafa em mal estado. O que sugere que a empresa faça uma triagem das garrafas que recebe, cobrando que sejam entregues garrafas em melhor estado. Também é importante treinar o funcionário que trabalha junto ao refletor na linha, para separar as garrafas muito velhas e já opacas e arranhadas de retornos sucessivos.

O monitoramento foi realizado em cinco coletas de dados. Quatro das cinco coletas de dados mostraram número de defeitos acima da linha média de controle, mas dentro dos limites de controle. Resultado mostrado na Figura 26:

Figura 26 - Gráfico de monitoramento para número de defeitos na amostra, pontos monitorados em verde.



Todas as variáveis analisadas estão sob controle, dentro das condições que a empresa mantém de produção. É importante que a empresa continue efetuando esse monitoramento e procure buscar reduzir a amplitude das variações dos processos através de manutenções periódicas e renovação de maquinários.

A redução da variabilidade implica em menos perdas e aumento da produtividade, dessa forma o investimento da empresa em medidas que busquem a diminuição da variabilidade dos processos permite que as perdas sejam diminuídas bem como os lucros sejam aumentados. É importante salientar que ao melhorar a qualidade do maquinário e das manutenções periódicas, os gráficos elaborados nesse trabalho deverão ser refeitos a fim de se adequarem a nova realidade da empresa. Com a melhoria dos padrões da empresa, espera-se que os limites de controle fiquem mais próximos aos de um processo com alto padrão de qualidade.

5 CONCLUSÃO

A implantação de um controle de processo permite trazer informações valiosas para os gestores de qualidade da empresa. A partir do monitoramento é possível identificar acontecimentos inerentes do processo, permite identificar falhas imediatamente e, possibilita realizar medidas de correção para minimizar a produção de itens defeituosos e retrabalho.

Os gráficos de controle para a variável volume mostraram que em um dia de produção 80 garrafas de bebida deixam de ser produzidas devido a falhas apresentadas na calibração da enchedora. Aplicadas correções na linha, tanto o prejuízo será reduzido com acontecerá aumento de produtividade e de lucros. Os gráficos de controle para a variável teor alcóolico mostraram que se a empresa conseguir reduzir a variação dessa variável e mantê-la na faixa de 10,5 °GL a empresa também gastará menos esse insumo.

O número de defeitos por amostra no gráfico de atributos, mostrou que alguns defeitos podem ser priorizados para melhorar esse resultado. A aparência da embalagem é um dos fatores mais importantes para determinar a compra de um produto por um consumidor. Optando por garrafas em melhor estado, a empresa vai manter seus clientes satisfeitos e pode até aumentar sua fatia de mercado.

Esse trabalho monitorou as principais variáveis e atributos identificados na linha de produção de bebida mista a base de vinho, e trás com os seus resultados medidas que podem ser aplicadas pela empresa em busca da melhoria contínua. A fábrica pode continuar a utilizar o CEP na produção de bebida mista como pode também expandir a sua aplicação para as demais linhas de produção.

REFERÊNCIAS

- BANUELAS, R., ANTONY, J., & BRACE, M. (2005). An application of Six Sigma to reduce waste. *Quality and Reliability Engineering International*, 21(6), 553-570. <http://dx.doi.org/10.1002/qre.669>.
- BASTIANI, Jeison Arenhart; MARTINS, Rosemary. Diagrama de Pareto. Blog da qualidade, 2012. Disponível em: < <http://www.blogdaqualidade.com.br/diagrama-de-pareto/>> Acesso em 30 de out. de 2018.
- BEZERRA, Filipe. Diagrama de Pareto: O que é e como fazer? Portal da administração, 2014. Disponível em: <<http://www.portal-administracao.com/2014/04/diagrama-de-pareto-passo-a-passo.html>> Acesso em: 19 de out. de 2018.
- DORA, M., & GELLYNCK, X. (2015). Lean Six Sigma Implementation in a Food Processing SME: a case study. *Quality and Reliability Engineering International*, 31(7), 1151-1159. <http://dx.doi.org/10.1002/qre.1852>.
- GARVIN, D. A. Gerenciando a Qualidade: A Visão Estratégica e Competitiva, Qualitymark Editora, Rio de Janeiro, 1992.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análises de alimentos. 4ª ed. (1ª Edição digital), 2008. 1020 p.
- LIMA, O.F. Qualidade: o que era "Inspeção" virou "Gestão Estratégica", 2009. Disponível em: <http://www.administradores.com.br/artigos/marketing/qualidade-o-que-era-inspecao-virou-gestao-estrategica/33259/>. Acesso em 03/01/2019.
- LINDERMAN, K., SCHROEDER, R. ZAHEER, S. & CHOO, A. (2003). Six Sigma: a goal-theoretic perspective. *Journal of Operations Management*, 21(2), 193-203. [http://dx.doi.org/10.1016/S0272-6963\(02\)00087-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0272-6963(02)00087-6).
- MACHADO, S.S. Gestão da qualidade. Inhumas – Goiás, 2012. Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia de Goiás. Caderno elaborado em parceria entre o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás/IFG-Inhumas e a Universidade Federal de Santa Maria para o Sistema Escola Técnica Aberta do Brasil – e-Tec Brasil.
- MAGALHÃES, J.M..MODELOS DE GESTÃO: QUALIDADE E PRODUTIVIDADE. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/265931436_MODELOS_DE_GESTAO_QUALIDADE_E_PRODUTIVIDADE/download. Acesso em 13/01/2019.
- MARTINS, R.A. Conceitos básicos de controle estatístico da qualidade / Roberto Antonio Martins. -- São Carlos : EdUFSCar, 2010. 117 p. -- (Coleção UAB-UFSCar). ISBN – 978-85-7600-188-1.
- MARTINS, R. A.; COSTA NETO, P.L.O. Indicadores de desempenho para a gestão pela qualidade total: uma proposta de sistematização. *Gestão & Produção*, v.5, n.3, p. 298-311, 1998.
- MONTGOMERY, Douglas C. Introdução ao controle estatístico de qualidade. 4. Ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2004. 513 p.

MONTGOMERY, D. C. Introduction to statistical quality control. Fifth edition. United States of America: John Wiley & Sons, 2005.

NOGUEIRA, N. O que é a gestão da qualidade total TQM?, 2011. Disponível em: <https://www.portal-gestao.com/artigos/6515-o-que-%C3%A9-a-gest%C3%A3o-da-qualidade-total-tqm.html>. Acesso em: 07/01/2019.

OPOVO. Manifestação contra morte de cadela faz Carrefour Osasco fechar as portas, 2018. Disponível em: <https://www.opovo.com.br/noticias/brasil/2018/12/manifestacao-contra-morte-de-cadela-faz-carrefour-osasco-fechar-as-por.html>. Acesso em: 30/12/2018.

PortalAction. Controle Estatístico de Processo, 2018. Disponível em: <http://www.portalaction.com.br/controle-estatistico-do-processo/graficos-de-controle-por-variaveis>. Acesso em: 01/12/2018.

RAMOS, Davidson. As sete ferramentas da qualidade. Blog da qualidade, 2018. Disponível em <<http://www.blogdaqualidade.com.br/as-sete-ferramentas-da-qualidade/>>. Acesso em 30 de out. de 2018.

RODRIGUES, B. F. S.; BAHEGA, S. J. A evolução histórica e os mestres da qualidade. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO DA REGIONAL CATALÃO, 2º edição, 2014, Goiás. Anais: Coletânea Interdisciplinar em Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação - Volume 3 : Engenharias, Saúde e Gestão. Organizado por Adriana Freitas Neves, Idelvone Mendes Ferreira, Maria Helena de Paula, Petrus Henrique Ribeiro dos Anjos. São Paulo: Blucher, 2015. ISBN: 978-85-8039-113-8, DOI 10.5151/9788580391138 V3_Cap13, p. 200-217.

RYCROFT, R. W., & KASH, D. E. (2004). Self-organizing innovation networks: implications for globalization. *Technovation*, 24(3), 187-197. [http://dx.doi.org/10.1016/S0166-4972\(03\)00092-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0166-4972(03)00092-0).

SANTOS, M.F. M.; SANTOS, V.F.M. O que é e para que serve o gráfico de dispersão? FM2S, 2018. Disponível em: < <https://www.fm2s.com.br/grafico-de-dispersao/> > Acesso em 30 de out. de 2018.

SILVA, J.A.L. A história da ISO, 2013. Disponível em: <https://www.ciriusquality.com.br/blog/119-historia-da-iso>. Acesso em: 10/01/2019.

SILVEIRA, Emanuel. Diagrama de Ishikawa. 8idea, 2014. Disponível em: < <http://www.8idea.com.br/blog/diagrama-de-ishikawa/> > Acesso em 30 de out. de 2018.

SOARES, G. M. V. P. P. Aplicação do Controle Estatístico de Processo em Indústria de Bebidas: Um estudo de caso. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001. Disponível em <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/82229>. Acesso em: 03/08/2018.

WERKEMA, M.C.C. As Ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos.V1. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia, 1995.

ZVIRTES, L. Material da UDESC/CCT – ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS - Disciplina – Gerência da Qualidade, 2014. Disponível em: http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/zvirtes/materiais/Aula_3___Introdu__o_ao_TQC.pdf

ANEXO 1 – Gráfico de médias

Fatores para cálculos de linhas centrais e limites de controle 3σ .

Gráfico de Médias

| Número de Elementos na Amostra (n) | Fatores para Limites de Controle | | |
|------------------------------------|----------------------------------|----------------|----------------|
| | A ₁ | A ₂ | A ₃ |
| 2 | 2,121 | 1,880 | 2,659 |
| 3 | 1,732 | 1,023 | 1,954 |
| 4 | 1,5 | 0,729 | 1,628 |
| 5 | 1,342 | 0,577 | 1,427 |
| 6 | 1,225 | 0,483 | 1,287 |
| 7 | 1,134 | 0,419 | 1,182 |
| 8 | 1,061 | 0,373 | 1,099 |
| 9 | 1 | 0,337 | 1,032 |
| 10 | 0,949 | 0,308 | 0,975 |
| 11 | 0,905 | 0,285 | 0,927 |
| 12 | 0,866 | 0,266 | 0,886 |
| 13 | 0,832 | 0,249 | 0,850 |
| 14 | 0,802 | 0,235 | 0,817 |
| 15 | 0,775 | 0,223 | 0,789 |

PortalAction, 2018.

ANEXO 2 – Gráfico de desvio padrão

Fatores para cálculos de linhas centrais e limites de controle 3σ .

Gráfico de Desvios Padrão

| Número de Elementos na Amostra (n) | Fatores para Linha Central | | Fatores para Limites de Controle | | | |
|------------------------------------|----------------------------|---------|----------------------------------|-------|-------|-------|
| | c_4 | $1/c_4$ | B_3 | B_4 | B_5 | B_6 |
| 2 | 0,7979 | 1,2533 | 0 | 3,267 | 0 | 2,606 |
| 3 | 0,8862 | 1,1284 | 0 | 2,568 | 0 | 2,276 |
| 4 | 0,9213 | 1,0854 | 0 | 2,266 | 0 | 2,088 |
| 5 | 0,9400 | 1,0638 | 0 | 2,089 | 0 | 1,964 |
| 6 | 0,9515 | 1,0510 | 0,030 | 1,970 | 0,029 | 1,874 |
| 7 | 0,9594 | 1,0423 | 0,118 | 1,882 | 0,113 | 1,806 |
| 8 | 0,9650 | 1,0363 | 0,185 | 1,815 | 0,179 | 1,751 |
| 9 | 0,9693 | 1,0317 | 0,239 | 1,761 | 0,232 | 1,707 |
| 10 | 0,9727 | 1,0281 | 0,284 | 1,716 | 0,276 | 1,669 |
| 11 | 0,9754 | 1,0252 | 0,321 | 1,679 | 0,313 | 1,637 |
| 12 | 0,9776 | 1,0229 | 0,354 | 1,646 | 0,346 | 1,610 |
| 13 | 0,9794 | 1,0210 | 0,382 | 1,618 | 0,374 | 1,585 |
| 14 | 0,9810 | 1,0194 | 0,406 | 1,594 | 0,399 | 1,563 |
| 15 | 0,9823 | 1,0180 | 0,428 | 1,572 | 0,421 | 1,544 |

PortalAction, 2018.

ANEXO 3 – Gráfico de amplitudes

Fatores para cálculos de linhas centrais e limites de controle 3σ .

Gráfico de Amplitudes

| Número de Elementos na Amostra (n) | Fatores para Linha Central | | | Fatores para Limites de Controle | | | |
|------------------------------------|----------------------------|---------|-------|----------------------------------|-------|-------|-------|
| | d_2 | $1/d_2$ | d_3 | D_1 | D_2 | D_3 | D_4 |
| 2 | 1,128 | 0,8865 | 0,853 | 0 | 3,686 | 0 | 3,267 |
| 3 | 1,693 | 0,5907 | 0,888 | 0 | 4,358 | 0 | 2,574 |
| 4 | 2,059 | 0,4857 | 0,880 | 0 | 4,698 | 0 | 2,282 |
| 5 | 2,326 | 0,4299 | 0,864 | 0 | 4,918 | 0 | 2,114 |
| 6 | 2,534 | 0,3946 | 0,848 | 0 | 5,078 | 0 | 2,004 |
| 7 | 2,704 | 0,3698 | 0,833 | 0,204 | 5,204 | 0,076 | 1,924 |
| 8 | 2,847 | 0,3512 | 0,820 | 0,388 | 5,306 | 0,136 | 1,864 |
| 9 | 2,970 | 0,3367 | 0,808 | 0,547 | 5,393 | 0,184 | 1,816 |
| 10 | 3,078 | 0,3249 | 0,797 | 0,687 | 5,469 | 0,223 | 1,777 |
| 11 | 3,173 | 0,3152 | 0,787 | 0,811 | 5,535 | 0,256 | 1,744 |
| 12 | 3,258 | 0,3069 | 0,778 | 0,922 | 5,594 | 0,283 | 1,717 |
| 13 | 3,336 | 0,2998 | 0,770 | 1,025 | 5,647 | 0,307 | 1,693 |
| 14 | 3,407 | 0,2935 | 0,763 | 1,118 | 5,696 | 0,328 | 1,672 |
| 15 | 3,472 | 0,2880 | 0,756 | 1,203 | 5,741 | 0,347 | 1,653 |

PortalAction, 2018.