

**FATEC DIADEMA**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA LUIGI PAPAIZ DE DIADEMA**

**Tecnologia em Cosméticos**

**RENATO RIBEIRO AFONSO**

**ANÁLISE DA CAPABILIDADE DE PROCESSO  
EM LINHA DE PRODUÇÃO DE COSMÉTICOS**

**DIADEMA - SP  
2018**

RENATO RIBEIRO AFONSO

**ANÁLISE DA CAPABILIDADE DE PROCESSO  
EM LINHA DE PRODUÇÃO DE COSMÉTICOS**

Monografia apresentada ao Curso de  
Graduação em Tecnologia em  
Cosméticos da FATEC Luigi Papaiz,  
orientado pelo(a) Prof. MSc Cristina  
Blanco Padovani, como parte dos  
requisitos para obtenção do título de  
Tecnólogo em Cosméticos

Orientador(a): Prof. MSc Cristina  
Blanco Padovani

**DIADEMA  
2018**

## **Dedicatória**

Dedico todo meu trabalho a minha esposa e meus filhos, pessoas admiráveis, que sempre me deram apoio, e que sempre tiveram paciência, muita compreensão e fizeram o possível para a minha formação.

## **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente a **Deus**, pois da fé Nele depositada, veio todo esforço e dedicação necessário para execução desse trabalho.

A minha família, em especial minha esposa Maria Ivanete e meus filhos, por todo apoio, compreensão, paciência e companheirismo.

Agradeço a minha orientadora **Prof.<sup>a</sup> MSc Cristina Blanco Padovani** por todo conhecimento adquirido durante a realização desse trabalho.

Aos meus amigos **Abner, Antônio, Cibele, Cristiane, Ingrid, Luís e a todos os colegas** que durante o tempo de faculdade, estiveram sempre à disposição para colaborar de alguma forma para a realização do meu trabalho, com muita sinceridade e entusiasmo.

A todos aqueles que de forma direta ou indireta colaboraram para a realização desta monografia, meus sinceros agradecimentos.

“E Jesus disse: Se tu podes crer, tudo é possível ao que crê”  
Marcos 9:23

## **Resumo**

Este trabalho tem como objetivo, verificar através do estudo de capacidade de processo, se uma linha de produção está apta a envasar um perfume masculino em flaconetes de 1ml, dentro dos padrões de especificação de engenharia determinados pelo fabricante. Foi elaborado um estudo de capacidade de processo, e nele abordamos o conceito de capacidade por variáveis, onde a variável analisada foi a massa líquida de um perfume envasado por uma máquina rotativa semi-automática. Utilizando a ferramenta da qualidade Controle Estatístico de Processo (CEP), e os índices para cálculo de capacidade  $C_p$  (índice que mede a capacidade do processo em relação a variação máxima permitida pelo cliente), e o  $C_{pk}$  (índice que mede a capacidade do processo em relação a centralização dos resultados em torno da média especificada), analisamos a capacidade e o potencial do processo produtivo, de atender ao requisito do fabricante.

A metodologia adotada foi fundamentada através de pesquisa bibliográfica, que forneceu as informações necessárias para se escolher a ferramenta da qualidade CEP, e o tipo de carta de controle estatístico de processo a ser utilizada na análise. Nesse caso foi utilizada a carta de controle para variáveis X barra (Carta que observa os valores médios de massa obtidos) e a carta de controle R (Carta que observa os valores médios de amplitude obtidos), que mostrou através de gráficos, a dispersão dos valores médios de massa e valores médios de amplitude em relação ao limite máximo e mínimo tolerável, e o valor médio especificado pelo fabricante.

Os dados para elaboração da carta de controle X barra e R foram obtidos através da coleta de amostras do perfume, retiradas na linha de produção, durante o envase, o que possibilitou avaliar a estabilidade do mesmo, permitindo prosseguir com o estudo da capacidade, e certificar se o processo é capaz ou não de atender os requisitos de especificação determinados pelo fabricante. O parâmetro analisado neste caso foi a variação de peso durante o envase do perfume EAU Toilette Masculino amostra 1ml, fabricado por uma empresa terceirizada, situada em Diadema, que atua no seguimento desde 1989. Para interpretação dos resultados de capacidade do processo, a empresa utilizou o programa MiniTab (programa de computador voltado para fins estatísticos, com funções específicas para gerenciamento), devido a necessidade de resposta rápida de como está o processo, para que uma ação seja tomada de imediato, caso haja alguma causa extrínseca ao processo, que causam peças defeituosas (causas especiais), atuando sobre o mesmo, como evidenciamos no estudo efetuado, e que poderiam passar

despercebido pelo controle de qualidade, sem aplicação das ferramentas de controle estatístico de processo (CEP) e o estudo da capacidade de processo. Diante do trabalho efetuado, fica evidente a importância do estudo da capacidade de processo, pois através dele podemos prever como será o desempenho do processo e se o mesmo possui a capacidade de atender as especificações determinadas pelo cliente, permitindo tomada de ações rápidas, auxiliando na melhoria contínua do processo, e conseqüentemente, com a otimização do processo e redução de custos.

**Palavras-chaves:** Processo; Controle Estatístico; Variabilidade; Capacidade; Produção.

## **Abstract**

This work aims to verify through the process capability study if a production line is capable of packaging a male perfume in 1ml ampoules, within the engineering specification standards determined by the manufacturer. A process capability study was elaborated, and we approached the concept of variable capacity, where the analyzed variable was the net mass of a perfume bottled by a semiautomatic rotary machine. Using the tool of quality Statistical Process Control (CEP), and the indexes for calculation of capacity  $C_p$  (index that measures the capacity of the process in relation to the maximum variation allowed by the client), and  $C_{pk}$  (index that measures the capacity of the process in relation to the centralization of results around the specified average), we analyzed the capacity and potential of the production process, to meet the manufacturer's requirement.

The methodology adopted was based on bibliographical research, which provided the information needed to choose the CEP quality tool, and the type of statistical process control chart to be used in the analysis. In this case, the control card for variables  $\bar{X}$  (Chart that observes the average values of mass obtained) and the control card R (Chart that observes the average values of amplitude obtained), which showed through graphs, the dispersion of the mean mass values and mean values of amplitude in relation to the maximum and minimum tolerable limit, and the mean value specified by the manufacturer.

The data for the preparation of the control card  $\bar{X}$  and R were obtained through the collection of samples of the perfume, taken in the production line, during the filling, which allowed to evaluate the stability of the same, allowing to proceed with the study of the capacity, and certify whether or not the process is capable of meeting the specification requirements determined by the manufacturer. The parameter analyzed in this case was the weight variation during the packaging of the EAU Toilette Male sample 1ml perfume, manufactured by an outsourced company, located in Diadema, which has been following since 1989. For the interpretation of the results of processability, the company used the MiniTab program (computer program focused on statistical purposes, with specific functions for management), due to the need for rapid response of how the process is, so that an action is taken immediately, if there are any cause extrinsic to the process, that cause defective parts (special causes), acting on the same, as evidenced in the study carried out, and that could go unnoticed by quality control, without application of statistical process control (CEP) tools, and process

capability study. In view of the work carried out, it is evident the importance of studying the process capability, because through it we can predict how the process will perform and if it has the capacity to meet the specifications determined by the client, allowing quick action, continuous improvement of the process, and consequently, with process optimization and cost reduction.

Keywords: Process; Statistic Control; Variability; Capability; Production.

## Lista de abreviações, símbolos e siglas

CEP	Controle Estatístico de Processo
Cp	Índice de Capacidade do Processo em relação a variação permitida
Cpk	Índice de capacidade do Processo em relação a centralização dos resultados em torno da média especificada
d2	Constante fornecida pela tabelas de valores para cálculo de capacidade
LC	Limite Central
LIC	Limite Inferior de Controle
LSC	Limite Superior de Controle
Pp	Índice que compara o desempenho do processo e a variação máxima permitida pela tolerância.
Ppk	Índice que leva em conta a centralização do processo e o desempenho.
R	Carta de controle, gráfico de dispersão das amplitudes
X barra	Carta de controle, gráfico de dispersão das médias
$\sigma$	Desvio padrão amostral
$\mu$	Média amostral
$\pm$	Mais ou menos

## Sumário

Lista de abreviações, símbolos e siglas.....	<i>i</i>
<b>1. Introdução</b> .....	12
<b>2. Objetivos Gerais</b> .....	14
2.1 Objetivo .....	14
2.2 Objetivo Específico .....	14
<b>3. Revisão Bibliográfica</b> .....	15
3.1 Processo.....	15
3.2 Variabilidade do processo .....	15
3.2.1 Causas comuns .....	16
3.2.2 Causas especiais .....	16
3.3 Estatísticas do processo .....	16
3.4 Controle do Processo .....	17
3.4.1 Cartas de controle – CEP.....	17
3.4.2 Identificação das causas especiais .....	18
3.4.3 Definição Operacional.....	21
3.5 Cartas de Controle para Variáveis .....	22
3.6 Estabilidade Estatística de Processo .....	23
3.7 Processo Normal.....	23
3.8 Capabilidade do Processo.....	27
<b>4. Método</b> .....	31
4.1 Controle estatístico de processo .....	31
4.2 Dados do processo .....	31
4.4 Indicadores .....	32
4.5 Análise do processo .....	32
<b>5. Resultados e Discussão</b> .....	33
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	38
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	40

## 1. Introdução

A variabilidade está sempre presente em qualquer processo produtivo, independente de como ele tenha sido projetado e bem operado. Se compararmos duas unidades quaisquer, produzidas pelo mesmo processo, elas jamais serão exatamente iguais. Contudo, a diferença entre peças pode ser grande, provocando o aparecimento de produtos defeituosos, que podem ser praticamente imperceptíveis. Além disso, as fontes de variabilidade podem agir de forma diferente sobre o processo (RIBEIRO; CATEN, 2012)

Para o gerenciamento do processo e redução da variabilidade, é importante investigar as causas da variabilidade no processo. O primeiro passo é distinguir entre causas comuns, que são intrínsecas do processo, e causas especiais, que são extrínsecas do processo (RIBEIRO; CATEN, 2012)

O controle estatístico da qualidade refere-se, a utilização de ferramentas estatísticas para monitoramento e identificação das causas da variabilidade do processo, visando a melhoria da qualidade de processos, produtos ou serviços produzidos ou prestados por empresas. Uma das técnicas utilizadas para esse fim é o controle estatístico do processo – CEP. O CEP consiste em uma técnica estatística de monitoração de processos de produção, que tem como objetivo principal a redução sistemática da variabilidade de características de qualidade de interesse. Tais características determinam a adequação ao uso de um produto por seus consumidores, devendo, portanto, ter sua variabilidade minimizada (RIBEIRO; CATEN, 2000). Ao reduzir a variabilidade existente em processos de produção, o CEP contribui para a melhoria da qualidade intrínseca dos produtos, da produtividade e da confiabilidade do sistema de produção, possibilitando a redução do custo de fabricação (FALCÃO, 2001).

As cartas de controle são utilizadas no Controle Estatístico de Processo, devido à sua simplicidade operacional e eficiência no monitoramento de características de qualidade dos processos de produção, foi introduzida por Shewhart em 1924. Desde então, vários gráficos de controle foram criados. Existem duas classes distintas de gráficos de controle: gráficos de controle para variáveis e atributos. Este monitoramento é útil na melhoria do processo de produção devido à crescente estabilização do processo, e conseqüentemente, padronização do produto. Gráficos de controle mantêm vigilância de características de qualidade de um processo de produção.

Melhorias na metodologia de gráficos de controle podem levar a um impacto econômico significativo no processo de produção (MAGALHÃES; NETO, 2011).

A capacidade do processo só pode ser analisada quando o processo está sob controle estatístico. O estudo da capacidade de processo nos permite avaliar as fontes de variações que o processo de produção está submetido, e através dos resultados obtidos, melhorar continuamente o desempenho e o potencial de produção, contribuindo com a prevenção e a solução de problemas, além da otimização do tempo de processo e redução de custos (ROMANO; VIVONE, 2015).

Em um processo com distribuição normal, o valor característico de capacidade resulta na comparação entre a tolerância de uma característica e a amplitude de dispersão do processo, descrita como mais ou menos  $3\sigma$  desvios padrão (MAGALHÃES; NETO, 2011).

Os índices Pp e Cp, representam uma medida para a capacidade potencial de qualidade. Os índices PpK e CpK baseiam-se no mesmo fundamento como o anterior, mas além disto, é considerado no cálculo, a situação do processo, isto é o deslocamento da média em relação ao valor nominal (ROMANO; VIVONE, 2015).

Neste trabalho foi feito o estudo da capacidade de processo, permitindo avaliar se o processo é capaz de atender a especificação de engenharia determinada pelo fabricante ou não.

## **2. Objetivos Gerais**

### **2.1 Objetivo**

Verificar se uma linha de produção está apta a produzir um perfume, dentro dos limites máximo e mínimo de massa líquida determinados pelo fabricante.

### **2.2 Objetivo Específico**

Mostrar como é feita a avaliação do desempenho e da capacidade de um processo produtivo em atender aos requisitos de engenharia do fabricante, utilizando gráficos de controle estatísticos de variáveis, e dados estatísticos do processo, e com base nos resultados avaliar a capacidade do processo.

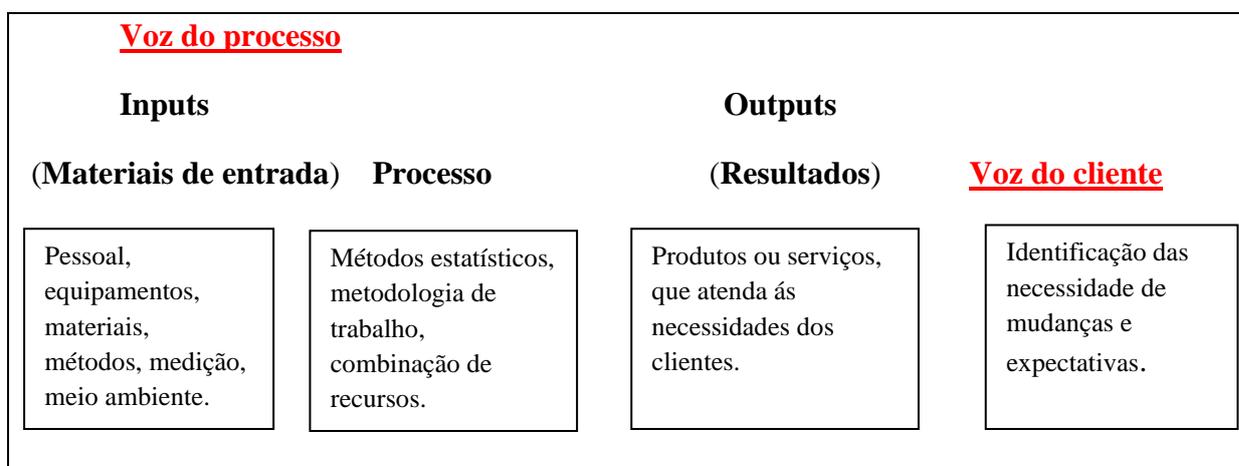
### 3. Revisão Bibliográfica

#### 3.1 Processo

É um modelo sistêmico de ações integradas de forma dinâmica, que envolve a combinação dos fornecedores, produtores, pessoas, equipamento, materiais de entrada, métodos e ambientes que trabalham juntos para produzir o resultado, transformação de matérias primas (materiais de entrada / *inputs*), em produtos (materiais de saída / *outputs*), que atendem aos requisitos e necessidades dos fabricantes (AIAG, 2006).

O Manual de Controle Estatístico de Processo (CEP) da AIAG 2006, mostra um modelo de sistema de controle de processo com feedback CEP. Nele há um fluxo de transformação em que entram “*inputs*”, que são os materiais de entrada, que serão transformados em “*output*”, produtos ou serviços denominados materiais de saída ou resultados, com informações que contribuem para melhoria contínua de acordo com as necessidades dos fabricantes, como mostra a figura 1.

Figura 1 - Modelo de Sistema de Controle de Processo com feedback do Controle estatístico de processo (CEP)



Fonte: Elaborado pelo autor com base no Manual de CEP, AIAG, 2006.

O desempenho do processo depende da comunicação entre fornecedor e cliente e do planejamento, e implementação e gerenciamento do processo (MAGALHÃES; NETO, 2011; AIAG, 2006).

#### 3.2 Variabilidade do processo

Quando produzimos um produto, apesar de usarmos a mesma máquina, método, material e mão de obra, os resultados obtidos não são os mesmos, a ponto de

produzirmos produtos que não atendam suas especificações e as expectativas dos clientes. Acontece que apesar das condições de fabricação serem as mesmas, elas não são relativamente idênticas, visto que todas estas condições estão sujeitas a variações, que ocorrem por diversos motivos (MAGALHÃES; NETO, 2011).

As variações são normalmente devidas às causas comuns e às causas especiais (MAGALHÃES; NETO, 2011).

### **3.2.1 Causas comuns**

Referem-se às muitas fontes de variação que consistentemente atuam no processo. Produzem uma distribuição estável e repetitiva do processo ao longo do tempo (sob controle estatístico). Causas comuns funcionam como um sistema estável de causas prováveis. Se somente causas comuns de variação estão presentes e não se alteram, o resultado do processo se torna previsível (MAGALHÃES; NETO, 2011).

### **3.2.2 Causas especiais**

Referem-se a quaisquer fatores causadores de variação que afetam apenas alguns dos resultados dos processos. Elas são geralmente intermitentes e imprevisíveis. Elas são sinalizadas por um ou mais pontos fora dos limites de controle. A menos que todas as causas especiais sejam identificadas e controladas, elas continuarão a afetar o resultado do processo de maneira imprevisível. Se causas especiais estão presentes, o resultado do processo não será estável ao longo do tempo (MAGALHÃES; NETO, 2011).

## **3.3 Estatísticas do processo**

As estatísticas de maior interesse são: localização, centralização e dispersão com relação às necessidades dos clientes (AIAG, 2006).

A centralização é estimada pela média ou mediana da amostra. A dispersão é estimada pela amplitude ou desvio padrão da amostra. Centralização e dispersão interagem com relação à produção de um produto aceitável. Quando a distribuição se desloca do centro, o espaço de cotovelo disponível para acomodar a variação do processo (dispersão) se reduz. Mudança na centralização do processo ou aumento na

dispersão pode produzir peças fora dos limites de especificação e, portanto, não atendem as necessidades dos clientes (MAGALHÃES; NETO, 2011 / AIAG, 2006).

Conforme a fonte de variabilidade, o resultado pode ser:

- a) Pequenas diferenças peça-a-peça (habilidade do operador, matéria-prima de fornecedores diferentes etc.)
- b) Alteração gradual no processo (desgaste de ferramentas, temperatura do ambiente etc.)
- c) Alteração brusca no processo (mudança de procedimento, queda de energia elétrica, troca de *setup* etc.).

Produtos defeituosos e não defeituosos são produzidos juntos devido à variação dos processos. Variações nos materiais, na condição dos equipamentos, no método de trabalho, na mão de obra e na inspeção, são os fatores que contribuem para a conformidade ou não conformidade em relação às especificações (ROMANO; VIVONE, 2015).

Em síntese, os problemas e defeitos são causados por variações e os processos estão sempre sujeitos às variações. Se estas variações forem reduzidas, os problemas ou defeitos certamente diminuirão (ROMANO; VIVONE, 2015).

### **3.4 Controle do Processo**

O controle de processo faz previsões sobre o estado atual e futuro do processo. Dizemos que o processo está sob controle estatístico quando as fontes de variação são causas comuns. O sistema de controle fornece um sinal estatístico que indica quando ocorrer uma causa especial (ROMANO; VIVONE, 2015).

#### **3.4.1 Cartas de controle – CEP**

Carta de controle é uma ferramenta da qualidade, onde por meio de gráficos específicos é possível acompanhar a variabilidade de um processo, identificando suas causas comuns (intrínsecas ao processo), e especiais (aleatórias) (JUNIOR; CIERCO; ROCHA, et.al., 2003).

As causas comuns estão relacionadas ao funcionamento do próprio sistema (ex: projeto e equipamento), enquanto as causas especiais refletem ocorrências fora dos limites de controle (ex: falha humana, queda de energia e matéria-prima não conforme).

Para a construção da carta de controle deve-se calcular estatisticamente o limite superior de controle (LSC), e o limite inferior de controle (LIC) e a média (M) de um processo. Os dados do processo, dentro desses limites, caracterizarão, na maior parte das vezes, que o mesmo está estatisticamente sob controle (estável) e que as flutuações são consistentes e inerentes ao processo (JUNIOR; CIERCO; ROCHA, et.al., 2003).

Por outro lado, dados fora desses limites caracterizam ocorrências indesejáveis (causas especiais), merecendo, conseqüentemente, análise pormenorizada. De modo geral, causas comuns devem ser tratadas via ação gerencial, enquanto as especiais devem ser tratadas pelos próprios operadores (JUNIOR; CIERCO; ROCHA, et.al., 2003).

Para que o processo seja considerado consistentemente bom deve atender não só aos limites de controle calculados, como também aos limites de especificação – inferior e superior (LIE e LSE), respectivamente. Esses limites são obtidos a partir das necessidades do cliente, traduzidas no projeto do processo (JUNIOR; CIERCO; ROCHA, et.al., 2003).

O principal objetivo das cartas de controle é o controle econômico do processo, ou seja, são realizadas ações no processo apenas quando existem causas especiais, e para isso os dados são comparados com os limites de controle. As cartas servem para controle de variáveis ou para controle de atributos (JUNIOR; CIERCO; ROCHA; et.al., 2003).

Neste trabalho demos ênfase as cartas para controle de variáveis.

### **3.4.2 Identificação das causas especiais**

Antes de investigar uma causa especial, é interessante verificar se não houve erro na plotagem do ponto ou problemas no sistema de medição (MAGALHÃES; NETO, 2011).

Existem dois tipos de erros no monitoramento de uma carta de controle: erro tipo I e erro tipo II. A estabilidade é sempre verificada pelas regras: 7 pontos acima, abaixo, ascendente, descendentes, fora dos limites, e etc, como descrito abaixo na tabela 1 e demonstrado figura 2 abaixo (MAGALHÃES; NETO, 2011 / AIAG, 2006).

Erro tipo I: É a probabilidade ( $\alpha$ ) de considerar o processo fora de controle quando na verdade ele está sob controle. Os limites clássicos adotam mais ou menos  $3\sigma$

(desvios padrão), que correspondem a  $\alpha=0.27\%$  (AIAG, 2006 / JUNIOR; CIERCO; ROCHA; et al., 2003).

Erro tipo II: É a probabilidade ( $\beta$ ) de considerar o processo sob controle quando na verdade ele está fora de controle e depende do deslocamento da média e dos limites de controle adotados. Os limites clássicos adotam mais ou menos  $3\sigma$  (desvios padrão), que correspondem a  $\beta =0.27\%$ .

Primeiramente observa-se a centralização do processo e para isso calcula-se a média da amostra. Com amostras aleatórias a partir da distribuição, as leituras cobrirão todo o intervalo do processo, usando a seguinte fórmula:

$$\text{Intervalo da distribuição das médias} = \left( \frac{1}{\sqrt{n}} \right) \text{Intervalo do Processo.}$$

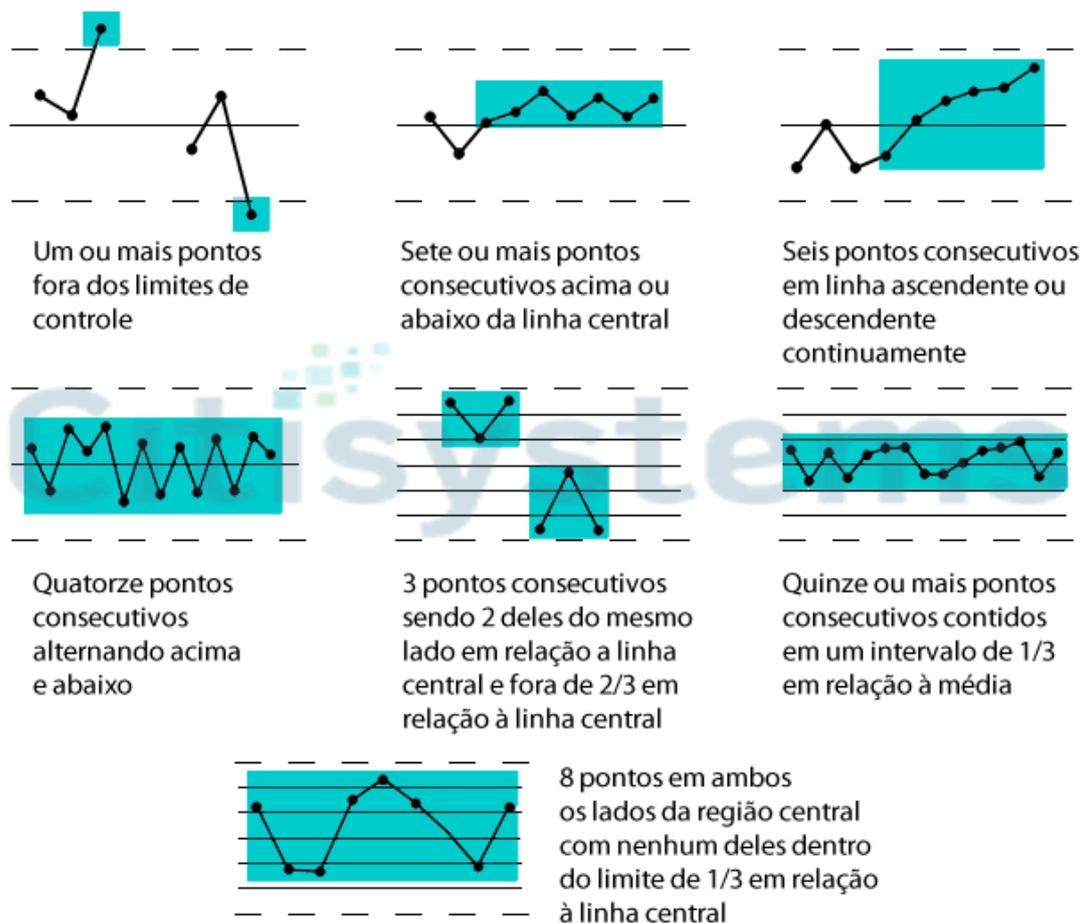
(MAGALHÃES; NETO 2011 / AIAG, 2006).

Tabela 1 - Resumo dos critérios de identificação das causas especiais são:

<b><u>1</u></b>	1 ponto a mais do que 3 desvios padrão a partir da linha central
<b><u>2</u></b>	7 pontos consecutivos no mesmo lado da linha central
<b><u>3</u></b>	6 pontos consecutivos, todos aumentando ou diminuindo
<b><u>4</u></b>	14 pontos consecutivos, alternando acima e abaixo
<b><u>5</u></b>	2 de 3 pontos > 2 desvios padrão a partir da linha central (mesmo lado)
<b><u>6</u></b>	4 de 5 pontos >1 desvio padrão a partir da linha central (mesmo lado)
<b><u>7</u></b>	15 pontos consecutivos dentro de 1 desvio padrão da linha central (qualquer lado)
<b><u>8</u></b>	8 pontos consecutivos > 1 desvio padrão a partir da linha central (qualquer lado)

Fonte: AIAG, 2006.

Figura 2 - Critérios para identificação de causas especiais.

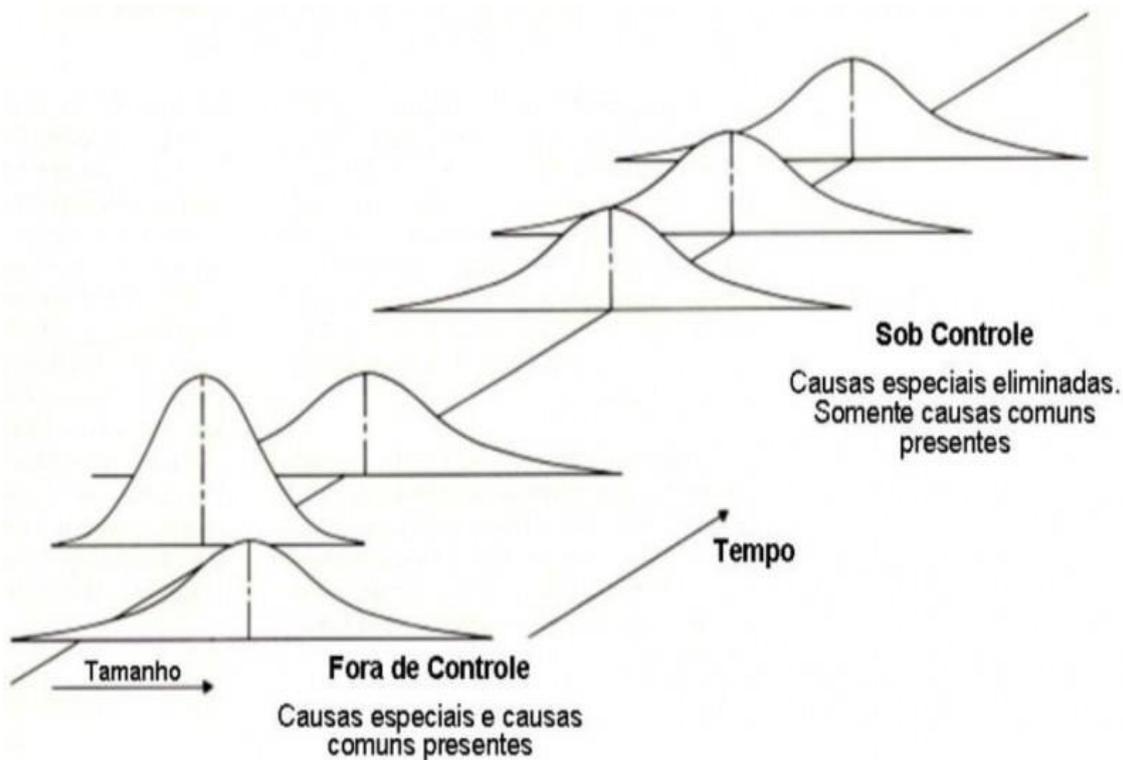


Fonte: Citisystems – Elaborado por Cristiano Bertulucci Silveira, 2013.

Quando as amplitudes estão sob controle estatístico, a dispersão do processo é considerada estável. Neste caso a análise das médias mostrará a variação da centralização do processo com o tempo, como mostra abaixo a figura 3. Quando as médias estão sob controle estatístico, sua variação está relacionada com a quantidade de variação observada nas amplitudes, causas comuns (AIAG, 2006).

Quando as médias não estão sob controle, causas especiais estão tornando a centralização do processo instável. A ocorrência de padrões anormais ou tendências, mesmo dentro dos limites de controle também podem indicar a existência de causas especiais. Essas causas devem ser estudadas para saber se impactam de maneira positiva ou negativa no processo. Se negativa, devem ser corrigidas, se não utilizadas para melhoria permanente do processo (AIAG, 2006).

Figura 3 - Conceitos Básicos de Controle Estatístico da Qualidade

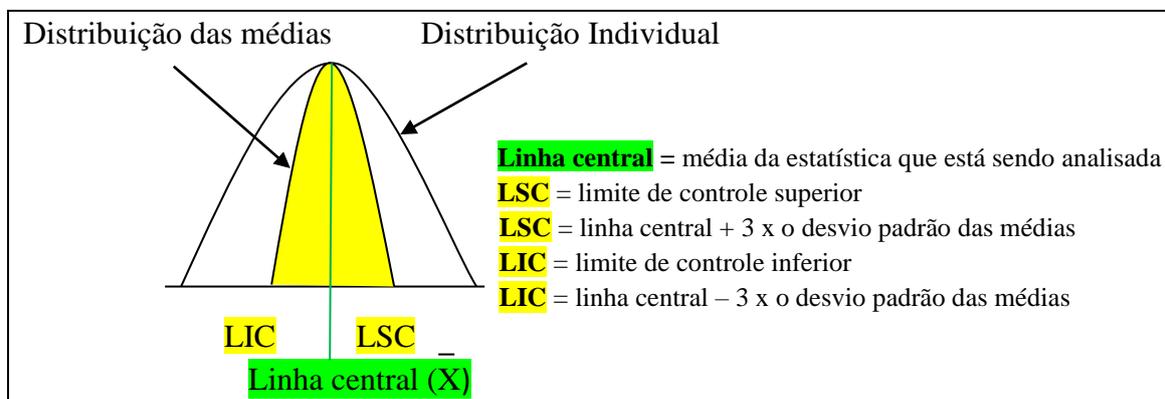


Fonte: Coleção UAB-UFSCar, 2010.

### 3.4.3 Definição Operacional

A figura 4 abaixo define o significado dos termos Linha Central (LC), Limite Superior Calculado (LSC) e Limite Inferior Calculado (LIC), utilizados na interpretação do gráfico de dispersão das médias estatísticas analisadas.

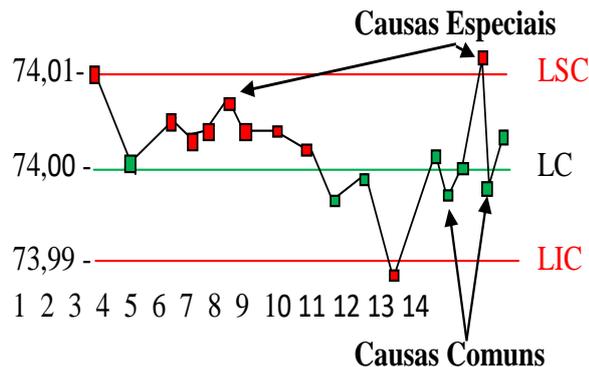
Figura 4 - Gráfico de dispersão.



Fonte: Feito pelo autor com base no Manual de CEP AIAG, 2.edição, 2006.

- Se a amostra ficar fora dos limites inferior e superior de controle destacado em vermelho na figura 5, é porque há causa especial.
- Se um grupo de amostras mostra um padrão ou uma tendência a se deslocar sentido a um dos limites de controle como destacado em vermelho na figura 5, há motivos para crer que existe uma causa especial.

Figura 5: Carta de controle X barra, gráfico de dispersão das médias.



Fonte: Feito pelo autor com base no Manual de CEP AIAG, 2006.

### 3.5 Cartas de Controle para Variáveis

As cartas de controle para variáveis, possibilitam analisar a variação de uma determinada característica, seja ela, variação de peso, densidade, viscosidade, pH entre outras, uma vez que essa característica possa ser medida e expressa em números, possibilitando a criação de gráficos que comparam os valores obtidos com valores referência determinados pelo fabricante. Os processos e seus resultados podem se caracterizar pelas medições das variáveis. As cartas de controle são úteis uma vez que contém mais informações do que uma simples declaração sim - não. Os gráficos de controle para variáveis exigem que medições das características de qualidade do processo sejam realizadas, como, por exemplo, no monitoramento de meios ou observações individuais (MAGALHÃES; NETO, 2011 / AIAG, 2006).

A coleta de dados para variáveis é mais clara do que a para atributos e é possível tomar decisões mais rapidamente com um tamanho de amostra menor, o que leva a menores custos totais de medição devido ao aumento da eficiência. Como é necessário verificar menos peças, para tomar decisões confiáveis, as ações corretivas levam menos tempo para serem tomadas (MAGALHÃES; NETO, 2011 / AIAG, 2006).

Com dados do tipo variáveis, o desempenho do processo pode ser analisado e a melhoria pode ser quantificada, mesmo se todos os valores individuais estiverem dentro dos limites de especificação. Isso é importante na busca da melhoria contínua.

As cartas de controle são geralmente analisadas aos pares. O par mais comumente usado é o X barra e R. (onde X barra é a média aritmética dos valores em pequenos subgrupos e R é a amplitude dos valores dentro de cada subgrupo). O resultado é uma decisão tomada com base nas medições (MAGALHÃES; NETO, 2011 / AIAG, 2006).

### **3.6 Estabilidade Estatística de Processo**

O monitoramento das cartas de controle representa um teste de conjectura a cada nova amostra coletada durante o uso da carta. O processo é considerado estável, quando a média ou a variabilidade do processo continuam as mesmas. Por outro lado, se a média ou a variabilidade mudarem, devido à presença de uma causa especial, caracteriza-se um processo instável (ROMANO; VIVONE, 2015).

Os limites de controle medidos no processo, são limites confiáveis, calculados de forma que, se o processo não tiver causas especiais atuando, a probabilidade de uma amostra cair dentro dos limites é de 99,73% e fora dos limites é de 0,27%. Logo, podemos afirmar que, caso a amostra coletada esteja dentro dos limites de controle, que os parâmetros do processo, tanto a média, quanto a amplitude permanecerão as mesmas. E se aparecer uma amostra fora dos limites de controle, a probabilidade dessa amostra ocorrer nesse processo é muito pequena (0,27%), logo há um forte indício de que o processo sofreu uma alteração na média, ou no desvio padrão, devido à presença de causas especiais (ROMANO; VIVONE, 2015).

A estabilidade é sempre verificada pelas regras já vistas: 7 pontos acima, 7 pontos abaixo, pontos ascendentes, pontos descendentes, e pontos fora dos limites, etc. Caso a distribuição dos valores individuais seja Normal, os limites naturais são calculados considerando-se a extensão de  $6\sigma$  (Seis desvios padrão). Dessa forma, os limites naturais compreendem 99,73% dos valores, ou seja, teoricamente 99,73% das peças produzidas estarão dentro dos limites naturais e 0,27% estarão fora dos limites naturais (ROMANO; VIVONE, 2015).

### **3.7 Processo Normal**

Para um processo ser considerado normal, os dados devem se distribuir de forma gaussiana, a mais importante distribuição contínua. As distribuições de fenômenos

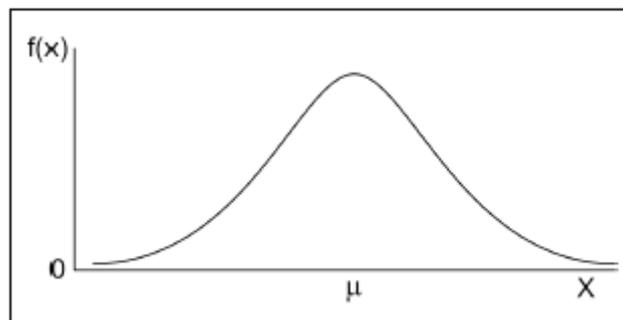
observados assumem, frequentemente, uma forma simétrica em torno da média. (BAYEUX, 2001).

A variação natural de muitos processos industriais é realmente aleatória. Embora as distribuições de muitos processos possam assumir uma variedade de formas, muitas variáveis observadas possuem uma distribuição de frequências que é, aproximadamente, uma distribuição de probabilidade Normal (BAYEUX, 2001).

Probabilidade é a chance real de ocorrer um determinado evento, isto é, a chance de ocorrer uma medida em um determinado intervalo. Por exemplo, a frequência relativa deste intervalo, observada a partir de uma amostra de medidas, é a aproximação da probabilidade. E a distribuição de frequências é a aproximação da distribuição de probabilidades (CARBURON; MORALES. 2006).

A distribuição normal, se caracteriza na forma de "sino" como mostra a figura 6 abaixo.

Figura 6 - Curva normal



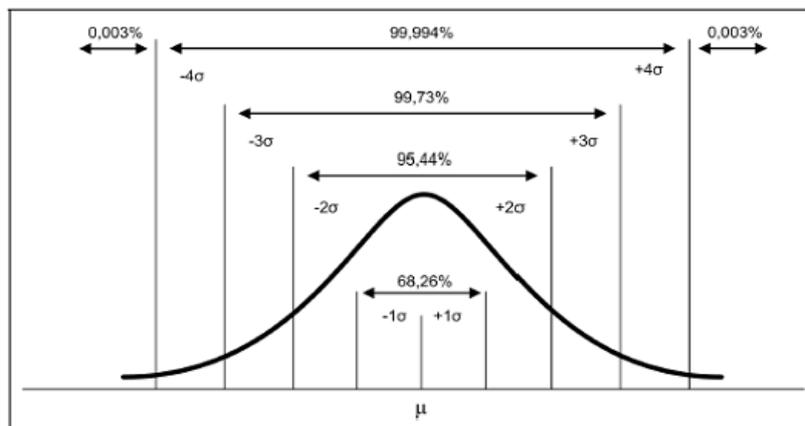
Fonte: BANAS Qualidade – RJ, 2001.

Segundo BAYEUX (2001), em concordância com CARBURON e MORALES, (2006), as características de um processo normal são:

- a. A normalidade do processo é determinada pela análise de dois parâmetros: Média amostral =  $\mu$  e o Desvio padrão amostral =  $\sigma$
- b. A distribuição é simétrica em relação à média.
- c. Os valores de média, moda e mediana são iguais.
- d. A área total sob a curva é igual a 1, ou 100%, com exatos 50% distribuídos à esquerda da média e 50% à sua direita. A área sob a curva normal contida entre é igual a 68,26%, equivalente a mais ou menos  $\mu \pm 1 \sigma$  desvio padrão, 95,44% equivalente a mais ou menos  $\mu \pm 2 \sigma$  desvios padrão, e 99,74% equivalente a  $\mu \pm 3 \sigma$  desvios padrão.

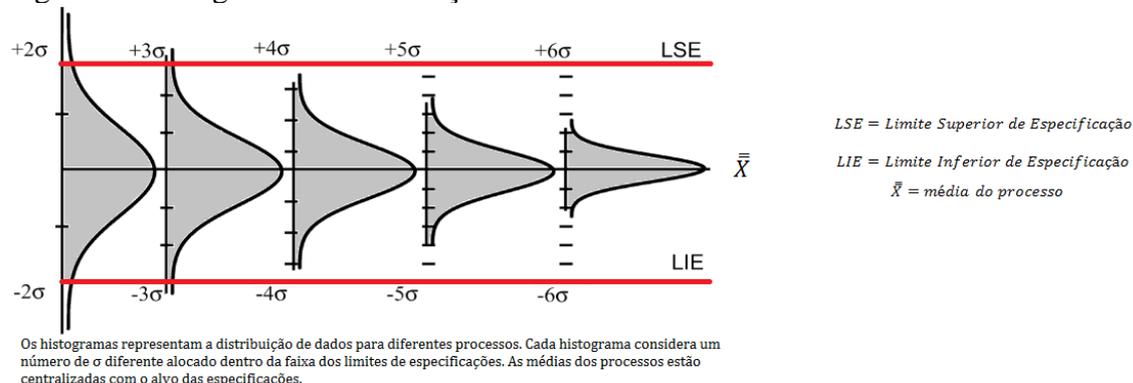
Para achar a área sob a curva normal devemos conhecer dois valores numéricos, a média  $\mu$  e o desvio padrão  $\sigma$ . As Figuras 7 e 8 a seguir mostram algumas áreas importantes:

Figura 7 - Áreas da curva normal em diferentes níveis de sigma.



Fonte: BANAS Qualidade – RJ, 2001.

Figura 8 - Histograma de distribuição de dados.



Fonte: BANAS Qualidade – RJ, 2001.

Quando a variável aleatória  $X$  é padronizada, ela passa a ter uma **Distribuição Normal Padronizada**, que tem média zero e desvio padrão unitário, ou equivalentemente, uma distribuição  $N = (0,1)$ . Os valores desta função distribuição são tabelados e com eles se tem um meio de obter as probabilidades associadas a qualquer variável normal (BAYEUX, 2001). Como mostra as tabelas 2 e 3 abaixo:

Tabela 2 - Fatores para cálculo dos limites de controle ( $3\sigma$ ) para os gráficos X barra, R e S

n	Gráfico para a Média			Gráfico para o Desvio Padrão								Gráfico para a Amplitude							
	Fatores para os Limites de Controle			Fatores para a Linha Central		Fatores para os Limites de Controle				Fatores para a Linha Central		Fatores para os Limites de Controle							
	A	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	c <sub>4</sub>	$\sqrt{c_4}$	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>	d <sub>2</sub>	$\sqrt{d_2}$	d <sub>3</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>			
2	2,121	1,880	2,659	0,7979	1,2533	0	3,627	0	2,606	1,128	0,8865	0,953	0	3,686	0	3,267			
3	1,732	1,023	1,954	0,8862	1,1284	0	2,568	0	2,276	1,693	0,5907	0,888	0	4,358	0	2,575			
4	1,500	0,729	1,628	0,9213	1,0854	0	2,266	0	2,088	2,059	0,4857	0,880	0	4,698	0	2,282			
5	1,342	0,577	1,427	0,9400	1,0638	0	2,089	0	1,964	2,326	0,4299	0,864	0	4,918	0	2,115			
6	1,225	0,483	1,287	0,9515	1,0510	0,030	1,970	0,029	1,874	2,534	0,3946	0,848	0	5,078	0	2,004			
7	1,134	0,419	1,182	0,9594	1,0423	0,118	1,882	0,113	1,806	2,704	0,3698	0,833	0,204	5,204	0,076	1,924			
8	1,061	0,373	1,099	0,9650	1,0363	0,185	1,815	0,179	1,751	2,847	0,3512	0,820	0,388	5,306	0,136	1,864			
9	1,000	0,337	1,032	0,9693	1,0317	0,239	1,761	0,232	1,707	2,970	0,3367	0,808	0,547	5,393	0,184	1,816			
10	0,949	0,308	0,975	0,9727	1,0281	0,284	1,716	0,276	1,669	3,078	0,3249	0,797	0,687	5,469	0,223	1,777			
11	0,905	0,285	0,927	0,9754	1,0252	0,321	1,679	0,313	1,637	3,173	0,3152	0,787	0,811	5,535	0,256	1,744			
12	0,866	0,266	0,886	0,9776	1,0229	0,354	1,646	0,346	1,610	3,258	0,3069	0,778	0,922	5,594	0,283	1,717			
13	0,832	0,249	0,850	0,9794	1,0210	0,382	1,618	0,374	1,585	3,336	0,2998	0,770	1,025	5,647	0,307	1,693			
14	0,802	0,235	0,817	0,9810	1,0194	0,406	1,594	0,399	1,563	3,407	0,2935	0,763	1,118	5,696	0,328	1,672			
15	0,775	0,223	0,789	0,9823	1,0180	0,428	1,572	0,421	1,544	3,472	0,2880	0,756	1,203	5,741	0,347	1,653			
16	0,750	0,212	0,763	0,9835	1,0168	0,448	1,552	0,440	1,526	3,532	0,2831	0,750	1,282	5,782	0,363	1,637			
17	0,728	0,203	0,739	0,9845	1,0157	0,466	1,534	0,458	1,511	3,588	0,2787	0,744	1,356	5,820	0,378	1,622			
18	0,707	0,194	0,718	0,9854	1,0148	0,482	1,518	0,475	1,496	3,640	0,2747	0,739	1,424	5,856	0,391	1,608			
19	0,688	0,187	0,698	0,9862	1,0140	0,497	1,503	0,490	1,483	3,689	0,2711	0,734	1,487	5,891	0,403	1,597			
20	0,671	0,180	0,680	0,9869	1,0133	0,510	1,490	0,504	1,470	3,735	0,2677	0,729	1,549	5,921	0,415	1,585			
21	0,655	0,173	0,663	0,9876	1,0126	0,523	1,477	0,516	1,459	3,778	0,2647	0,724	1,605	5,951	0,425	1,575			
22	0,640	0,167	0,647	0,9882	1,0119	0,534	1,466	0,528	1,448	3,819	0,2618	0,720	1,659	5,979	0,434	1,566			
23	0,626	0,162	0,633	0,9887	1,0114	0,545	1,455	0,539	1,438	3,858	0,2592	0,716	1,710	6,006	0,443	1,557			
24	0,612	0,157	0,619	0,9892	1,0109	0,555	1,445	0,549	1,429	3,895	0,2567	0,712	1,759	6,031	0,451	1,548			
25	0,600	0,153	0,606	0,9896	1,0105	0,565	1,435	0,559	1,420	3,931	0,2544	0,708	1,806	6,056	0,459	1,541			

Para n &gt; 25

$$A = \frac{3}{\sqrt{n}}, A_2 = \frac{3}{c_4 \sqrt{n}}, c_4 \approx \frac{4(n-1)}{4n-3}, B_3 = 1 - \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}}, B_4 = 1 + \frac{3}{c_4 \sqrt{2(n-1)}}, B_5 = c_4 - \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}, B_6 = c_4 + \frac{3}{\sqrt{2(n-1)}}$$

Fonte: BANAS Qualidade – RJ, 2001.

Tabela 3 - Valores das constantes para os cálculos dos limites de controle

	Tamanho da amostra n								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A <sub>2</sub>	1,880	1,023	0,729	0,577	0,483	0,419	0,373	0,337	0,308
d <sub>2</sub>	1,128	1,693	2,059	2,326	2,534	2,704	2,847	2,970	3,078
d <sub>3</sub>	0,853	0,888	0,880	0,864	0,848	0,833	0,820	0,808	0,797
E <sub>2</sub>	2,660	1,772	1,457	1,290	1,184	1,109	1,054	1,010	0,975
D <sub>3</sub>	0	0	0	0	0	0,076	0,136	0,184	0,223
D <sub>4</sub>	3,267	2,575	2,282	2,115	2,004	1,924	1,864	1,816	1,777

Fonte: BANAS Qualidade – RJ, 2001.

Conhecidos a média e o desvio padrão e a definição de variável aleatória padronizada (z), onde:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

Os dados são padronizados, e irão compensar as diferentes médias do produto e a variabilidade (AIAG, 2006).

### 3.8 Capabilidade do Processo

A capabilidade do processo é determinada pela variação que vem das causas comuns, variações essas que são consistentes, previsíveis e intrínsecas do processo. Geralmente representa o melhor desempenho do processo e é demonstrado quando o processo está sob controle estatístico (MAGALHÃES; NETO, 2011 / AIAG, 2006).

O desempenho do processo (resultado geral do processo em relação aos seus requisitos) é a maior preocupação dos fabricantes. O processo deve ser posto, primeiramente sob controle estatístico, através da detecção e ação sobre as causas especiais de variação. Seu desempenho se torna previsível, e sua capabilidade em satisfazer as expectativas do fabricante pode ser avaliada. Isto é fundamental para a melhoria contínua (MAGALHÃES; NETO, 2011 / AIAG, 2006).

Se o processo estiver sob controle estatístico, calculamos a capabilidade que é uma base para previsão de operação do processo, onde o estudo de capabilidade de processo nos dá uma visão ampla do desempenho e do potencial do processo. Causas especiais mudam forma, dispersão e localização de um processo e podem invalidar a previsão sobre o processo (MAGALHÃES; NETO, 2011 / AIAG, 2016).

Centralização e dispersão interagem com relação à produção de um produto aceitável. Quando a distribuição se desloca da linha central, a área disponível para acomodar a variação do processo (dispersão) se reduz. Mudança na centralização do processo ou aumento na dispersão pode produzir peças fora dos limites de especificação, portanto não atendem as necessidades dos clientes (MAGALHÃES; NETO, 2011 / AIAG, 2006).

Para índices e taxas do processo serem usadas de forma preditiva, os dados devem ser coletados de processos sob controle estatístico (AIAG, 2006).

Existem dois tipos de índices: os que são calculados usando estimativas de variação dentro do subgrupo e os calculados usando a variação total do processo (MAGALHÃES; NETO, 2011 / AIAG, 2006).

Nenhum índice pode ser aplicado a todos os processos e nenhum processo pode ser completamente descrito por apenas um índice (MAGALHÃES; NETO, 2011 / AIAG, 2006).

Os índices  $C_p$  e  $C_{pk}$  devem ser utilizados juntos na análise (MAGALHÃES; NETO, 2011 / AIAG, 2006).

O **índice Cp (Índice da Capabilidade)**, compara a capacidade do processo com a variação máxima permitida, ou seja, ele compara os valores médios obtidos em relação à média especificada. Oferece uma medida de como o processo atenderá as necessidades de variabilidade. Não tem significado para as tolerâncias unilaterais (MAGALHÃES; NETO, 2011 / AIAG, 2006) e é calculado conforme demonstrado na figura 9 abaixo.

Figura 9 - Fórmula para cálculo do Cp:

$$CP = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} = \frac{LSE - LIE}{6\bar{R}/d2}$$

Fonte: MAGALHÃES; NETO, 2011 / AIAG, 2006.

O **Cpk (Índice da Capabilidade)**, leva em conta a centralização do processo e a capacidade, ou seja, ele mostra a localização da média do processo em relação aos limites de tolerância superior e inferior especificados. Nas tolerâncias bilaterais **Cpk** é menor ou igual ao **Cp** e se o processo for centralizado **Cpk** é igual ao **Cp** (MAGALHÃES; NETO, 2011 / AIAG, 2006)

Nas tolerâncias unilaterais, **Cpk** pode ser menor, igual ou maior que **Cp** (MAGALHÃES; NETO, 2011 / AIAG, 2006).

**Cp** significativamente maior que **Cpk** indica oportunidade de aperfeiçoamento pela centralização do processo (MAGALHÃES; NETO 2011 /AIAG, 2006). Na figura 10 abaixo, pode-se ver como é calculado o índice CPK.

Figura 10 - Fórmula para cálculo do Cpk:

$$CPU = \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma} = \frac{LSE - \bar{X}}{3R/d2} \quad CPL = \frac{LIE - \bar{X}}{3\sigma} = \frac{LIE - \bar{X}}{3R/d2}$$

Fonte: MAGALHÃES; NETO, 2011 / AIAG, 2006.

Além dos indicadores Cp e Cpk, temos também os indicadores Pp e Ppk, onde: O índice Pp – Indica a performance do processo e o índice PpK – Indica a performance de centralização do processo (MAGALHÃES; NETO, 2011 / AIAG 2006).

**Pp (Índice de desempenho):** Compara o desempenho do processo com a variação máxima permitida pela tolerância. Oferece uma medida de como o processo atende as necessidades da variabilidade. Não tem significado para as tolerâncias unilaterais. Já o **Ppk (Índice de desempenho):** Leva em conta a centralização do processo e o desempenho. Para tolerâncias bilaterais;  $Ppk = Pp$  apenas se o processo estiver centralizado (AIAG, 2006).

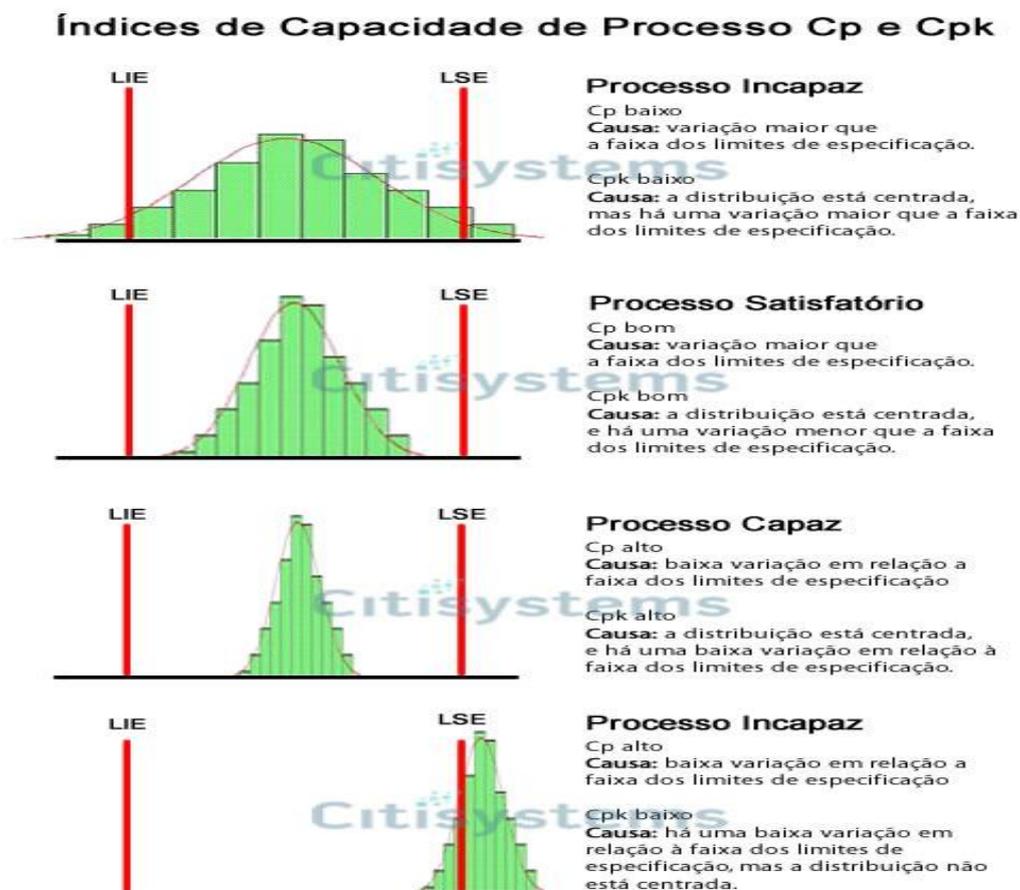
Segundo Lopez, (2007), a análise dos índices de capacidade é de grande utilidade nas tomadas de decisões sobre a adequação do processo em relação as especificações. Os parâmetros descritos no quadro 1 e na figura 11 abaixo são regras práticas para esta análise:

Quadro 1 - Parâmetros para análise de capacidade:

<b>Processo vermelho</b>	(Cp<1), a capacidade do processo não atende à tolerância exigida. Nesse caso, o ideal é buscar melhorar o processo, para atender as especificações adequadamente. (LOPES,L,F,D. Apostila Controle Estatístico de Processo DE- CEEMQ- UFSM, 1.edição, 2007).
<b>Processo amarelo</b>	(1≤ Cp ≤1,33), a capacidade do processo está ao redor da diferença entre as especificações. Neste caso, o tratamento deve ser igual ao dado no processo vermelho, e as cartas de controle são de extrema importância, para manter o processo sob controle e evitar que sejam fabricados produtos fora do especificado pelo cliente. (LOPES,L,F,D. Apostila Controle Estatístico de Processo DE- CEEMQ- UFSM, 1.edição, 2007).
<b>Processo verde</b>	(Cp >1,33), A capacidade do processo atende tolerância especificada. Se a capacidade do processo está a 3/4 e 2/3 da tolerância, aconselhe-se a coleta de amostras periódicas para monitoramento do processo. Se a capacidade do processo é menor que a metade da tolerância, pode-se dizer que o processo é excelente e altamente confiável, dispensando maiores cuidados. (LOPES,L,F,D. Apostila Controle Estatístico de Processo DE- CEEMQ- UFSM, 1.edição, 2007).

Fonte: Feito pelo autor com base em LOPES, (2007).

Figura 11 - Histograma de acordo com os índices Cp e Cpk:



Fonte: Citisystems – Elaborado por Silveira, (2013).

Na realidade, o processo nem sempre está centralizado na média, e com isso, pode -se chegar a conclusões erradas quanto a capacidade do processo, se o mesmo não estiver centrado na média. Com base nisso, Kane propôs em 1986, a utilização do índice de performance Cpk (LOPES, 2007).

A utilização dos índices Cp e Cpk nos dá uma idéia potencial dos problemas do processo e auxilia na medição e priorização da melhoria ao longo do tempo. Onde o Cp compara a capacidade do processo com a variação máxima permitida, e oferece uma medida de como o processo atenderá as necessidades de variabilidade, e o Cpk leva em conta a centralização do processo e a capacidade, evidenciando o deslocamento dos dados em relação aos limites de especificação (AIAG, 2006).

#### **4. Método**

A metodologia utilizada para a realização deste trabalho foi fundamentada em uma revisão bibliográfica, onde através da utilização de ferramentas da qualidade, Controle estatístico de processo (CEP), contribuiu para se efetuar um estudo de capacidade de processo durante o envase de um perfume masculino 1mL, onde foram coletados 16 subgrupos de amostras de flaconetes contendo o perfume envasado, que tiveram os pesos médios, e a amplitude de dispersão dos dados, comparados em relação aos limites de peso especificados pela engenharia, atestando se o processo atende ou não a especificação do fabricante. Seguindo a metodologia estatística descrita abaixo.

##### **4.1 Controle estatístico de processo**

O método que foi utilizado para avaliar a capacidade do processo consiste em primeiro analisar a estabilidade do processo, observando os dados obtidos nas cartas de controle, e certificando que o processo está livre de causas especiais, ou seja, não existam pesos fora dos limites superior e inferior determinados pelo fabricante. Se estável podemos continuar com a análise se não estável o resultado da análise, devemos rever o processo e deixa-lo sobre controle. Para isso utilizamos o controle estatístico de processo – CEP.

##### **4.2 Dados do processo**

Através dos dados obtidos nos gráficos das cartas de controle X barra e R, foi analisada a normalidade do processo. Foram verificados se os dados seguem distribuição normal. Caso os dados não tenham distribuição normal, deveremos escolher estudos para análise de distribuição não normal.

##### **4.3 Fórmulas das cartas de controle**

E para analisar esses resultados, foram utilizadas as fórmulas das cartas de controle X barra e R, para o gerenciamento efetivo da variação durante o processo, uma vez que elas evidenciam causas especiais de variação e refletem a extensão da variação de causas comuns que devem ser reduzidas através da melhoria do sistema. E através dos cálculos dos indicadores Cp e Cpk mostrando o potencial e a capacidade do processo.

#### **4.4 Indicadores**

**Cp (Índice da Capabilidade)** comparou a capacidade do processo com a variação máxima permitida.

**O Cpk (Índice da Capabilidade)** levou em conta a capacidade de centralização do processo.

#### **4.5 Análise do processo**

Com base nos resultados fornecidos pelos índices Cp e Cpk, foi possível visualizar, através dos gráficos das cartas de controle X barra e R, a variação e a centralização do processo, e avaliar se o processo é capaz ou não de atender as especificações do fabricante. E com isso evidenciamos, se existia uma necessidade especial de controle no processo, na intenção de identificar e eliminar as causas especiais atuante, e aumentar sua capacidade produtiva, reduzindo o tempo e custos do processo, mantendo o padrão de qualidade especificado, pleiteando a melhoria contínua.

## 5. Resultados e Discussão

**Empresa A:** Empresa na qual foram coletados os dados para ao estudo da capacidade de processo. A **Empresa A** é uma empresa prestadora de serviços, localizada na região de Diadema, que atua no segmento cosmético desde 1989, possui 18 linhas de produção, flexibilizando o atendimento de pequenas, médias e grandes produções.

### Dados do processo

Os dados analisados foram extraídos na linha de produção, durante o envase do perfume: EAU TOILETTE MASCULINO 1mL amostra grátis, do cliente X, no dia 28/07/2018, no período das 10:00 às 18:00 horas, num turno de 8 horas de trabalho.

### Especificação do produto: EAU TOILETTE MASCULINO 1mL

Volume declarado: 1,0mL

Volume nominal:  $(1,0\text{mL} + 2\%) = 1,02\text{mL}$

Limite Superior de Especificação (LSE):  $(1,02\text{mL} + 2\%) = 1,04\text{mL}$

Limite Inferior de Especificação (LIE): 1,02mL

Densidade: 0,832 g/mL

Peso declarado: 0,832g

Peso nominal:  $(0,832 + 2\%) = 0,8486\text{g}$

Limite Superior de Especificação (LSE): 0,8653g

Limite Inferior de Especificação (LIE): 0,8486g

Limite Superior de Controle Amplitude (LSR): 0,0167

**Dados da amostragem:** Foram coletadas 16 amostras de subgrupos, contendo 09 amostras do perfume envasado em flaconetes de 1mL cada subgrupo, totalizando 144 resultados analisados, como mostram abaixo a tabela 5, e as figuras 12 e 13. Foi calculado a média e o desvio padrão dos resultados de cada subgrupo, em seguida foi calculado a média e desvio padrão do acumulado geral, como mostra os resultados na tabela 4 abaixo:

Tabela 4 - Valores Mínimo, máximo, média calculados, e tamanho amostral.

<b>Mínimo</b>	0,8519
<b>Máximo</b>	0,8976
<b>Média</b>	0,8735
<b>Tamanho (n)</b>	144

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Abaixo na tabela 5, em preto estão representados os dados amostrais coletados durante o envase do perfume, além da densidade, peso nominal e limites de especificação e o d2 que é uma constante para o cálculo de capacidade com valor tabelado. E em vermelho estão representados limites de tolerância especificados pelo fabricante, e os valores médios encontrados em cada subgrupo.

Tabela 5 – Representação dos dados das amostras coletadas durante o processo

EAU TOILETTE MASCULINO AMOSTRA 1ML / CLIENTE X																	
		Máquina I				Máquina II				Máquina III				Máquina IV			
Via		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1º Turno Operador 28/07/18	10:00:00	0,97	0,941	0,913	0,915	0,902	0,867	0,866	0,87	0,875	0,839	0,889	0,884	0,877	0,856	0,869	0,911
	11:00:00	0,904	0,899	0,896	0,866	0,945	0,925	0,919	0,912	0,881	0,945	0,949	0,858	0,872	0,866	0,875	0,988
	12:00:00	0,87	0,84	0,841	0,849	0,871	0,849	0,833	0,842	0,872	0,832	0,882	0,914	0,845	0,802	0,833	0,844
	13:00:00	0,881	0,876	0,895	0,887	0,9	0,879	0,889	0,885	0,875	0,841	0,89	0,933	0,951	0,85	0,856	0,864
	14:00:00	0,885	0,876	0,874	0,898	0,886	0,861	0,85	0,869	0,895	0,856	0,881	0,907	0,864	0,861	0,881	0,892
	15:00:00	0,895	0,878	0,875	0,887	0,912	0,894	0,822	0,877	0,857	0,826	0,881	0,903	0,85	0,834	0,857	0,884
	16:00:00	0,842	0,857	0,85	0,854	0,817	0,819	0,819	0,796	0,875	0,84	0,875	0,892	0,881	0,87	0,91	0,914
	17:00:00	0,847	0,828	0,837	0,823	0,803	0,804	0,813	0,828	0,878	0,852	0,875	0,897	0,882	0,866	0,875	0,871
18:00:00	0,871	0,86	0,879	0,869	0,834	0,874	0,889	0,884	0,887	0,862	0,872	0,878	0,892	0,862	0,883	0,911	
X	0,885	0,872778	0,873333	0,872	0,874444	0,863556	0,855556	0,862556	0,877222	0,854778	0,888222	0,896222	0,879333	0,851889	0,871	0,897667	0,8735
R	0,128	0,113	0,076	0,092	0,142	0,121	0,106	0,116	0,038	0,119	0,077	0,075	0,106	0,068	0,077	0,144	0,0999
USL	0,8653	0,8653	0,8653	0,8653	0,8653	0,8653	0,8653	0,8653	0,8653	0,8653	0,8653	0,8653	0,8653	0,8653	0,8653	0,8653	0,8653
LSL	0,8486	0,8486	0,8486	0,8486	0,8486	0,8486	0,8486	0,8486	0,8486	0,8486	0,8486	0,8486	0,8486	0,8486	0,8486	0,8486	0,8486
RSL	0,0167	0,0167	0,0167	0,0167	0,0167	0,0167	0,0167	0,0167	0,0167	0,0167	0,0167	0,0167	0,0167	0,0167	0,0167	0,0167	0,0167
Densidade		0,832	g/ml			Conteúdo	Máx	0,8653	g	Limite Especificação (1,02ml + 2%) = 1,04ml				d2	2,98221		
						Min	0,8486	g	Nominal (1ml + 2%) = 1,02ml)								

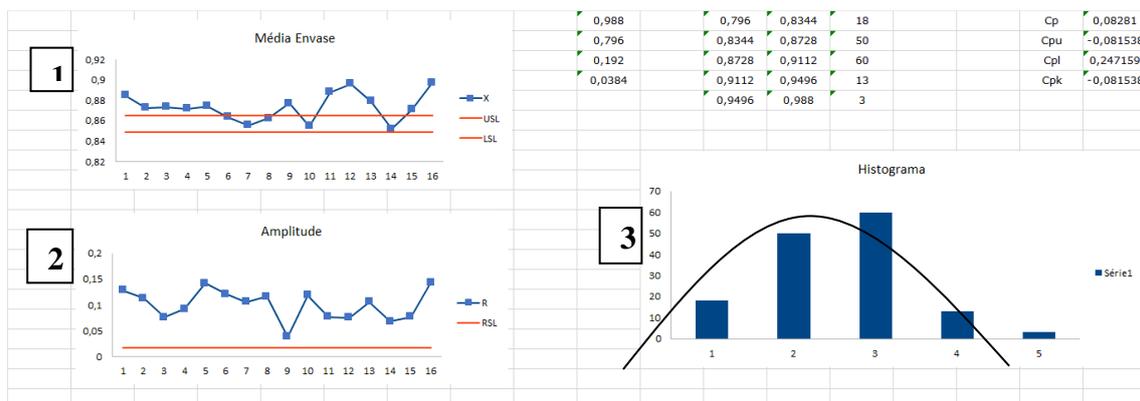
Fonte: Feito pelo autor, com o software Mini Tab, 2018.

Na figura 12 abaixo, destacado pelo número 1 temos a carta de controle X barra, que mostra a dispersão dos pesos médios encontrados na análise, comparados aos limites superior e inferior especificados pelo fabricante. Na reta vertical aparecem os valores dos pesos, e na reta horizontal aparecem os subgrupos, as linhas vermelhas representam os limites de tolerância superior e inferior, e em azul está representado a dispersão dos valores médios de pesos encontrados na análise.

Destacado pelo número 2, na figura 12, temos a carta de controle R, que mostra a dispersão das amplitudes encontradas na análise, comparados ao limite de tolerância estabelecido pelo fabricante. Na reta vertical aparecem os valores de amplitude, e na reta horizontal aparecem os subgrupos, a linha vermelha representa o limite de tolerância superior, e em azul está representado a dispersão das amplitudes médias encontradas na análise.

Destacado pelo número 3, na figura 12, temos o histograma que mostra que a dispersão dos valores encontrados na análise, formam uma curva simétrica de uma distribuição normal, possibilitando prosseguir com estudo de capacidade de processo.

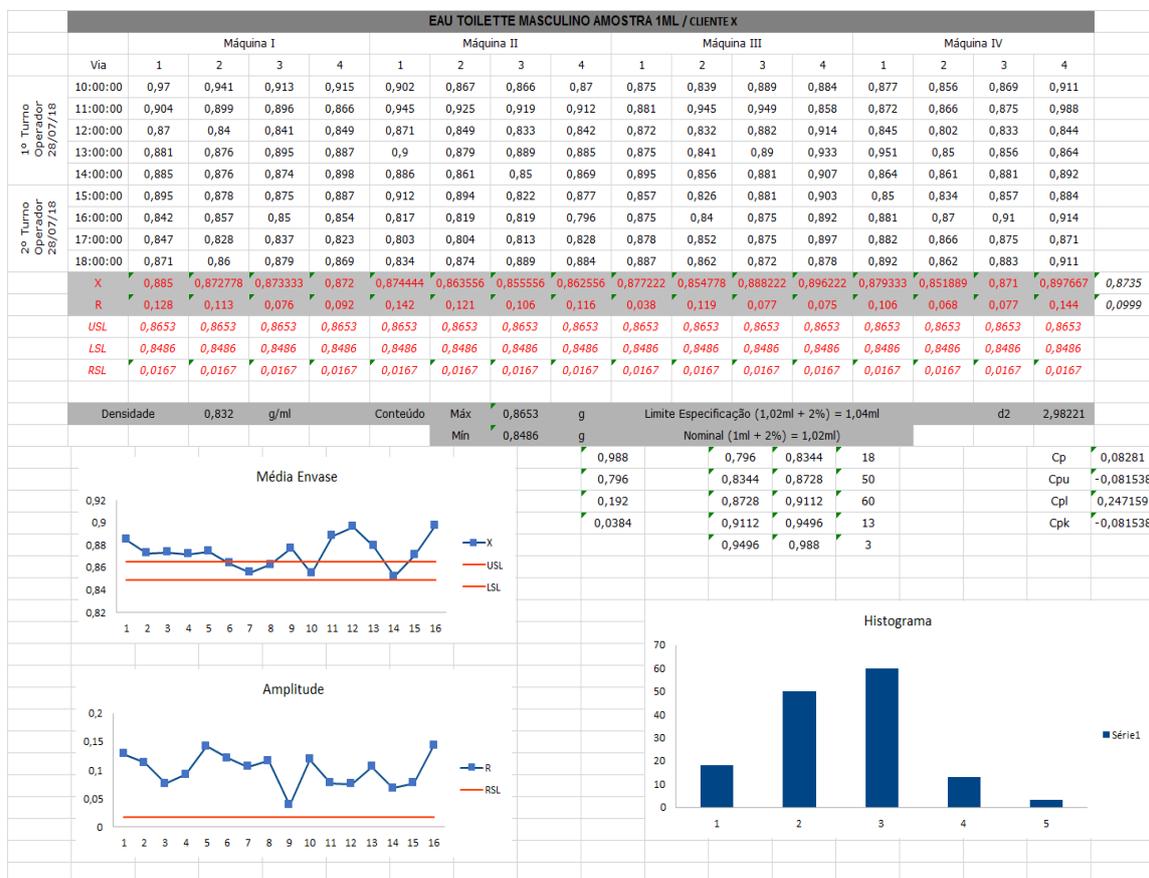
Figura 12 – Gráficos de dispersão das cartas de controle X barra, carta R, e histograma:



Fonte: Feito pelo autor, com o software Mini Tab, 2018.

A figura 13 abaixo, representa uma visão geral da tabela e dos gráficos, construídos pelo autor, com o software Mini Tab, 2018. O software Mini Tab é um programa de computador voltado para fins estatísticos, com funções específicas para gerenciamento, muito utilizado pelas indústrias, devido a necessidade de resposta rápida, e agilidade na tomada de decisão visando a melhoria contínua do processo.

Figura 13 - Dados amostrais, carta de controle X barra, e carta de controle R, gráfico de dispersão, e histograma.



Fonte: Construída pelo autor, com o software Mini Tab, 2018.

**Cartas de controle:** Foram utilizadas as cartas de controle Xbarra e R para analisar os dados e verificar a dispersão e o status de controle do processo. Os resultados obtidos mostraram que o processo tem uma distribuição normal e está sobre controle, como está representado nos gráficos das figuras 12 e 13, possibilitando prosseguir com a análise da capacidade do processo.

**Cálculo de capacidade:** Para efetuar o cálculo da capacidade foram utilizados os índices Cp e Cpk, onde o Cp avaliou o potencial do processo e o Cpk avaliou a capacidade do processo em atender a especificação do fabricante. Como mostra os cálculos abaixo:

$$CP = \frac{LSE - LIE}{6\sigma_c} = \frac{LSE - LIE}{6\bar{R}/d_2} \quad CP = \frac{0,8653 - 0,8486}{6 * 0,0999 \div (2,98221)} \quad CP = 0,08281$$

$$CPU = \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma_c} = \frac{LSE - \bar{X}}{3R/d_2} \quad CPU = \frac{0,8653 - 0,8735}{3 * 0,0999 \div (2,98221)} \quad CPU = -0,8154$$

$$CPL = \frac{LIE - \bar{X}}{3\sigma_c} = \frac{LIE - \bar{X}}{3R/d_2} \quad CPL = \frac{0,8486 - 0,8735}{3 * 0,0999 \div (2,98221)} \quad CPL = 0,247159$$

$$CPK = \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma_c} = \frac{LSE - \bar{X}}{3R/d_2} \quad CPK = \frac{0,8653 - 0,8735}{3 * 0,0999 \div (2,98221)} \quad \mathbf{CPK = -0,8154}$$

Com base nos resultados acima, foi possível observar que o processo analisado, não é um processo capaz, pois o mesmo está descentralizado e possui valores que flutuam próximo e até fora dos limites de especificação. Isso se dá devido o resultado do Cpk em relação da média com o limite superior, apresentar um valor negativo (-0,8154), e menor em relação a distância da média com do limite inferior especificado, o

que indica, que existe causas especiais atuando sobre o processo, fazendo com que ocorra produção de perfumes com peso fora da especificação.

O processo possui uma margem de 2% de tolerância para controle em processo determinados pelo fabricante, portanto, conforme demonstrado na análise a operação não consegue atender essa especificação. A amplitude de 2% para o volume a ser envasado é extremamente baixo e dificilmente será atendido.

A máquina de envase utilizada no processo, é um modelo de máquina de envase fabricado pela Cozzoli Machine Company. O modelo de máquina de envase rotativa é a Enchedora Rotativa Automática (figura 14), que como o próprio nome sugere, transporta os frascos que serão enchidos através de um sistema rotativo. Os frascos são colocados na máquina de envase rotativa através de um alimentador automático, os frascos são posicionados automaticamente por estrelas rotativas, assim denominadas devido à sua forma. Durante o transporte no sistema da máquina de envase rotativa, os frascos são envasados através de válvulas de envase que trabalham com sistema elétrico-pneumático. O acionamento da válvula de envase ocorre quando, esta veda o gargalo do frasco, liberando o envase, e o término se dá com o equilíbrio da pressão do frasco com o reservatório de perfume da máquina. Depois que a máquina de envase rotativa completa o envase dos frascos, estes são transferidos e reposicionados na esteira transportadora para que sejam colocadas as tampas que são fechadas por rosqueadeiras automática, e em seguida os frascos são transportados também pela esteira para serem embaladas, etapa essa, feita manualmente.

Figura 14 – Máquina de Envase Rotativa



Fonte: Envamax soluções de envase, 2018.

## 6. CONCLUSÃO

Diante do trabalho efetuado, fica evidente a importância do estudo da capacidade de processo, pois através dele podemos prever como será o desempenho do processo e se o mesmo possui a capacidade de atender as especificações determinadas pelo cliente, permitindo tomada de ações rápidas, auxiliando na melhoria contínua do processo, e conseqüentemente, com a otimização do processo e redução de custos.

Em relação ao caso analisado, observou-se que o processo requer uma atenção especial, pois o mesmo não consegue atender os requisitos do cliente. Diante dessa situação, recomenda-se que se faça uma identificação das causas que estão impactando negativamente no processo utilizando ferramentas da qualidade como:

- DOE (Design of Experiments) é uma ferramenta que auxilia na análise das características de um produto ou serviço para aumentar seu grau de qualidade. O nome vem do inglês e significa Projeto de Experimentos. Essa metodologia parte da análise de dados, muitas vezes com inferências estatísticas, mede o grau de qualidade e busca incrementá-la sobre os produtos.
- FMEA (análise do tipo de efeito da falha), técnica analítica empregada pelas empresas através das suas engenharias de projeto, processo e da qualidade com o objetivo de identificar, preventivamente, quais são os tipos de falhas em potencial que um processo, projeto ou serviço possam apresentar, bem como, suas prováveis causas, efeitos e riscos envolvidos.
- ISHIKAWA, que é um diagrama que visa identificar as causas potenciais do problema, analisando o processo atual.
- MASP 8D ( Método de Análise e Solução de Problemas), onde a empresa consciente do problema, utiliza uma equipe apropriada, descreve o problema, implementa ações de contenção, identifica a (as) causa (as) raiz, e indica soluções alternativas, faz a avaliação das alternativas, implementa ações corretivas, evita reincidências, e congratula sua equipe. Visando o controle ou até mesmo eliminar as possíveis causas. Se o problema persistir, como sugestão de melhoria, pede-se que o cliente reveja a faixa de especificação, caso isso não seja possível, será necessário a troca da máquina por uma de maior precisão, o que não é a opção mais interessante, levando em consideração, que o produto em questão é uma amostra grátis.

Portanto entende-se que quando fazemos um estudo de capacidade de processo, podemos deparar com processos capazes que não necessitam de ações naquele

momento, processos capazes que mesmo assim precisam ser melhorados, mas também com processos incapazes e que necessitam de atenções especiais, que muitas vezes exigem até que sejam feitas mudanças na especificação, como é o caso da especificação do produto analisado.

## REFERÊNCIAS

AIAG- Automotive Industry Action group. **Manual de CEP**, 2.ed. jun de 2006, Tradução IQA- Instituto de Qualidade Automotiva. Distribuição Grupo Interaction Plexus.

ANDRADE, M.G; BOAS, M.A.V; SIQUEIRA, J.A.C; SATO, M; DIETER, J; HERMES, E; MERCANTE,E. **Uniformidade da irrigação por microaspersão utilizando o controle estatístico de qualidade**. Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola (PGEAGRI), Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), 85819-110, Cascavel, PR, Brasil. *Ciência Rural* vol.47 no.4 Santa Maria, Mar 06, 2017

BAYEUX,C. **Análise da capacidade de processos**, Centro Federal de Educação Tecnológica, 1.ed. mai de 2001, BANAS Qualidade – RJ.

CARBURON,J; MORALES,D. **Aplicação do controle estatístico de processo em <uma indústria do setor metal-mecânico: um estudo de caso**, nov de 2006, XIII SIMPEP, Bauru – SP.

FALCÃO, A.S.G. **Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção Diagnóstico de Perdas e Aplicação de Ferramentas para o Controle da Qualidade e Melhoria do Processo de Produção de uma Etapa Construtiva de Edificações Habitacionais**. Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como requisito parcial à obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO Área de concentração: Gerência da Produção e Ergonomia Porto Alegre, 2001.

HOJO, T. **Quality Management Systems – Process Validation Guidance**, 2.ed. 2004, Food and Drug Administration.

JUNIOR,I,M; CIERCO,A,A; ROCHA,A,V; MOTA,E.B. **Gestão da qualidade**, revista atualizada, 2.edição, 2003 Fundação Getulio Vargas – RJ.

KANE,V,E. **Process Capability Indices**. *Journal of Quality Technology*, 18, 41-52. 1986. Disponível em: << <http://science.kennesaw.edu/~vkane/LSSInfo/KaneJQT>>> acesso em 19/12/2018.

LOPES,L.F.D. **Apostila Controle Estatístico de Processo DE- CEEMQ- UFSM**, 1.edição, 2001.

MAGALHÃES, M.S; NETO, F.D.M. **Projeto econômico-estatístico de gráficos de controle qui-quadrado não-central com parâmetros variáveis**. Produção vol.21 no.2 São Paulo, Jun 2011

RIBEIRO, J.L.D; CATEN,C.S.T. (Série Monográfica Qualidade) ISBN 85-88085-10-0 **Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. III. Título. IV. Série CDU519.2 2012**. Porto Alegre: FEENG/UFRGS, 2012. 172p .

ROMANO,C.A.C; VIVONE,M.V. (PQA) **Programa qualidade assegurada**, 3.ed. 2016, Distribuição Grupo Interaction Plexus.

ROMANO,C.A.C VIVONE,M.V. **Guia de consulta das ferramentas de qualidade assegurada**, 10 edição, 2015, Distribuição Grupo Interaction Plexus.

SOUZA, F.S; PEDRINI, D.C; CATEN, S.T. **Proposta de fluxograma orientativo para aplicação de índices de capacidade**. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Gestão e Produção vol.21 n°.4 São Carlos, Out 2014.