

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

PEDRO FAJAN BILCHEZ

**APLICAÇÃO DE CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS NA  
LINHA DE FRASCOS EM UMA EMPRESA DE EMBALAGENS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Medianeira - PR

2018

PEDRO FAJAN BILCHEZ

**APLICAÇÃO DE CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS NA  
LINHA DE FRASCOS EM UMA EMPRESA DE EMBALAGENS**

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

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

Coorientador: Prof. José Airton dos Santos

Medianeira

2018



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**  
**Câmpus Medianeira**  
DIRETORIA DE GRADUAÇÃO E EDUCAÇÃO PROFISSIONAL  
**Departamento Acadêmico de Produção e Administração**  
Curso de Graduação em Engenharia de Produção



## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **APLICAÇÃO DE CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSOS NA LINHA DE FRASCOS EM UMA EMPRESA DE EMBALAGENS**

Por

**PEDRO FAJAN BILCHEZ**

Este projeto de trabalho de conclusão de curso foi apresentado às 11:10 h do dia 20 de novembro de 2018 como requisito parcial para aprovação na disciplina de TCC2, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o projeto para realização de trabalho de diplomação aprovado.

---

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

---

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

---

Prof. Dr. Levi Lopes Teixeira  
Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná

---

Prof. Me. Neron A. C. Berghauer  
Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná

---

Prof. Dr. Sérgio Adelar Brun  
Coordenador  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

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

A minha família e aos meus amigos...

Companheiros de todas as horas...

## **AGRADECIMENTOS**

A Prof. Dra. Orientadora, braço amigo de todas as etapas deste trabalho, cujo auxílio foi de grande ajuda para o desenvolvimento do trabalho.

A minha família, pela confiança, motivação e todo o apoio recebido.

Aos amigos e colegas, pela força, pela vibração e pelos bons momentos vividos nesta jornada.

A minha namorada e parceira de vida Micaela, que sempre me motivou e incentivou a realizar o trabalho, por me proporcionar ótimos momentos e muitas aventuras vividas.

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

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

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

“Sempre permaneça aventureiro.  
Por nenhum momento se esqueça de que  
a vida pertence aos que investigam.  
Ela não pertence ao estático;  
Ela pertence ao que flui.  
Nunca se torne um reservatório,  
Sempre permaneça um rio.”

Osho

## RESUMO

BILCHEZ, Pedro. **Aplicação de controle estatístico de processos na linha de frascos de uma empresa de embalagens.** 2018. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

O mercado de embalagens plásticas vem crescendo em escala nacional e global nos últimos anos, e representa uma parcela significativa na economia brasileira. Com o cenário atual de grande competição entre as empresas, a qualidade vem sendo um fator decisivo quanto a influência e permanência das empresas no mercado. O presente trabalho teve como objetivo, utilizar-se de dados documentais de acompanhamento do processo de produção de frascos plásticos, a fim de realizar análises estatísticas, por meio da aplicação de um Controle Estatístico de Processo, para que através deste pudessem ser encontradas possíveis variações e falhas no processo, e auxiliar na tomada de decisões com relação quanto a estas. Os dados utilizados para o estudo, foram coletados e fornecidos pela empresa, para a análise e estudo do comportamento destes, foi utilizado o software Action Stats, onde foram criados gráficos, e feita uma análise descritiva completa dos dados, com posterior relatório para apresentação dos resultados, com identificação das possíveis causas de variação no processo, bem como uma possível sugestão de melhoria. A natureza da pesquisa proposta é aplicada, tem sua abordagem quantitativa, sendo descritiva com relação aos objetivos gerais, o procedimento utilizado pode ser caracterizado como uma pesquisa documental e operacional. Por meio das análises feitas, pode-se mapear o estado atual em que o processo se encontra e especular as causas dos problemas, as ferramentas estatísticas se mostram úteis para um melhor entendimento do comportamento do processo e identificação de problemas, com isso alcançou-se o objetivo do trabalho.

**Palavras-chave:** Análise de Capacidade; Ferramentas da Qualidade; Otimização.

## ABSTRACT

BILCHEZ, Pedro. **Application of statistical process control in the jars line of a packaging company**. 2018. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

The plastic packaging market has been growing nationally and globally in recent years and represents a significant share of the Brazilian economy. With the current scenario of great competition between companies, quality has been a decisive factor in the influence and permanence of companies in the market. The objective of this study was to use documentary data to monitor the production process of plastic bottles in order to carry out statistical analysis through the application of a Statistical Process Control, with that, possible variations and failures of the process could be found and help in making decisions regarding these. The data used for the study, were collected and provided by the company, for the analysis and study of their behavior, the software Action Stats was used, where graphs has been created, and a complete descriptive analysis of the data was done, with a subsequent report for presentation of the results, with identification of possible causes of variation in the process, as well as a possible suggestion of improvement. The nature of the proposed research is applied, it has its quantitative approach, being descriptive with respect to the general objectives, the procedure used can be characterized as a documentary and operational research. Through the analyzes, it was possible to map the current state of the process and to speculate the causes of the problems, the statistical tools are useful for a better understanding of the behavior of the process and the identification of problems, with the purpose of been achieved.

**Key-words:** Capacity Analysis; Quality Tools; Optimization.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Folha de Verificação.....	21
Figura 2 - Gráfico de Pareto.....	22
Figura 3 - Diagrama de causa e efeito.....	23
Figura 4 – Histograma.....	24
Figura 5 – Fluxograma.....	25
Figura 6 - Gráfico de dispersão .....	25
Figura 7 - Gráficos de controle.....	26
Figura 8 – Fluxograma do processo de extrusão resumido.....	28
Figura 9 – Ilustração das características do frasco.....	32
Figura 10 – Fluxograma do processo de normalização de dados utilizado pelo software Action.....	34
Figura 11 - Histograma da análise de performance do processo para característica de peso no lado A.....	41
Figura 12. Gráficos de controle para característica de peso no lado A.....	42
Figura 13 - Histograma da análise de performance do processo para característica de peso no lado B.....	45
Figura 14. Gráficos de controle para característica de peso no lado A.....	46
Figura 15. Histograma da análise de performance do processo para característica ALT-T no lado A.....	49
Figura 16. Gráficos de controle para característica ALT-T no lado A.....	50
Figura 17. Histograma da análise de performance do processo para característica ALT-T no lado B.....	53
Figura 18. Gráficos de controle para característica ALT-T no lado B.....	53
Figura 19. Histograma da análise de performance do processo para característica ALT-H no lado A.....	56
Figura 20. Gráficos de controle para característica ALT-H no lado A.....	57
Figura 21. Histograma da análise de performance do processo para característica ALT-H no lado B.....	59
Figura 22. Gráficos de controle para característica ALT-H no lado B.....	60
Figura 23. Histograma da análise de performance do processo para característica de diâmetro ØI no lado A.....	62
Figura 24. Gráficos de controle para característica de diâmetro ØI no lado A.....	63
Figura 25. Histograma da análise de performance do processo para característica de diâmetro ØI no lado B.....	65
Figura 26. Gráficos de controle para característica de diâmetro ØI no lado B.....	66
Figura 27. Histograma da análise de performance do processo para característica de diâmetro ØT no lado A.....	68
Figura 28. Gráficos de controle para característica de diâmetro ØT no lado A.....	69
Figura 29. Histograma da análise de performance do processo para característica de diâmetro ØT no lado B.....	71
Figura 30. Gráficos de controle para característica de diâmetro ØT no lado B.....	72
Figura 31. Histograma da análise de performance do processo para característica de diâmetro ØTR no lado A.....	74
Figura 32. Gráficos de controle para característica de diâmetro ØTR no lado A.....	75
Figura 33. Histograma da análise de performance do processo para característica de diâmetro ØTR no lado B.....	77

Figura 34. Gráficos de controle para característica de diâmetro ØTR no lado B.....	78
Figura 35. Diagrama de Ishikawa para o processo.....	79

## **LISTA DE SIGLAS**

CEP – Controle Estatístico de Processos

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>155</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	155
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	155
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>166</b>
3.1 QUALIDADE.....	16
3.1.1 Controle de Qualidade Total.....	16
3.2 Ferramentas da qualidade .....	17
3.3 Controle Estatístico de Processo.....	18
3.4 FERRAMENTAS DO CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO.....	19
3.4.1 Folha de Verificação.....	19
3.4.2 Diagrama de Pareto.....	20
3.4.3 Diagrama Causa-Efeito.....	21
3.4.4 Histograma.....	22
3.4.5 Fluxograma.....	23
3.4.6 Gráfico de Dispersão.....	24
3.4.7 Gráfico de Controle.....	25
3.5 Indústria do Plástico no Brasil.....	26
3.6 Processo de Extrusão.....	27
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>29</b>
4.1 A Empresa.....	29
4.2 Classificação Metodológica.....	29
4.3 Procedimentos.....	31
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>447</b>
5.1 PROCESSO PRODUTIVO.....	37
5.2 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DOS FRASCOS.....	38
5.2.1 Peso.....	38
5.2.1.1 Análise da característica de peso no lado A.....	38
5.2.1.2 Análise da característica de peso no lado B.....	43
5.2.2 Altura ALT-T.....	47
5.2.2.1 Análise da característica ALT-T no Lado A.....	47
5.2.2.2 Análise da característica ALT-T no Lado B.....	50
5.2.3 Altura ALT-H.....	54
5.2.3.1 ANÁLISE DA CARACTERÍSTICA ALT-H NO LADO A.....	54
5.2.3.2 ANÁLISE DA CARACTERÍSTICA ALT-H NO LADO B.....	57
5.2.4 Diâmetro ØI.....	60
5.2.4.1 ANÁLISE DA CARACTERÍSTICA ØI NO LADO A.....	60
5.2.4.2 ANÁLISE DA CARACTERÍSTICA ØI NO LADO B.....	63
5.2.5 Diâmetro ØT.....	66
5.2.5.1 ANÁLISE DA CARACTERÍSTICA ØT NO LADO A.....	66
5.2.5.2 ANÁLISE DA CARACTERÍSTICA ØT NO LADO B.....	69
5.2.6 Diâmetro ØTR.....	72
5.2.6.1 ANÁLISE DA CARACTERÍSTICA ØTR NO LADO A.....	72
5.2.6.2 ANÁLISE DA CARACTERÍSTICA ØTR NO LADO B.....	75
5.3 DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	78
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	<b>81</b>
REFERÊNCIAS.....	82

APÊNDICE (A) .....	83
ANEXO (A) .....	84

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, uma série de tendências gerais vem impulsionando um crescimento no mercado global de embalagens, tais como o aumento nos investimentos em construção com a urbanização crescente, a expansão do setor de saúde e o rápido desenvolvimento nas economias emergentes, incluindo China, Índia, Brasil e alguns países da Europa Oriental (WALLIS; WEIL; MADI, 2012).

De acordo com o estudo macroeconômico da indústria brasileira de embalagem, realizado pelo Instituto Brasileiro de Economia (2014), o valor bruto da produção física de embalagens atingiu R\$ 55,1 bilhões em 2014, e destes, os plásticos representam a maior participação no valor da produção, correspondendo a 39,07% do total.

Segundo Wallis (2012), o mercado de embalagens plásticas cresceu 7,9% ao ano em valor (U\$\$) e 4,8% em volume no período de 2007 a 2011, demonstrando uma tendência de crescimento no mercado ao longo dos anos. Destacam-se entre os maiores consumidores de embalagens deste tipo os mercados de refrigerantes, água mineral, óleo comestível e produtos químicos para embalagens plásticas rígidas.

No cenário atual, as empresas vêm se tornando cada vez mais competitivas, buscando diferenciais que impulsionem seu crescimento e a sua permanência no mercado, seja por redução de custos, por meio de melhorias contínuas, do aperfeiçoamento de seus produtos e serviços (LELIS, 2012).

De acordo com Amaral (2011), os clientes exigem cada vez mais produtos de boa qualidade, com isso a concorrência tem cada vez mais buscado meios para produzir produtos melhores, e tem obrigado as empresas a programarem sistemas de qualidade visando atender essas exigências. Porém, muitas delas se quer sabem quais procedimentos adotar e muito menos têm o conhecimento dos impactos (positivos e negativos) que a implementação desses sistemas causa na gestão e no resultado.

Tendo em vista a importância e a influência econômica do mercado de embalagens plásticas, bem como a crescente competitividade entre as empresas, torna-se de suma importância a aplicação de ferramentas estatísticas da qualidade, para que os bens produzidos possam atender ao consumidor da melhor forma possível, garantindo excelência em qualidade, em conjunto com baixos custos, um controle operacional, e com uma boa gestão da qualidade no processo.

Para o controle do processo, faz-se o uso do CEP, Controle Estatístico de Processo, uma técnica estatística aplicada à produção que permite redução da variabilidade nas características da qualidade de interesse, assim contribuindo para melhoria da confiabilidade, da produtividade, do custo e da qualidade do que está sendo produzido (CATEN; RIBEIRO, 2012).

De acordo com Ribeiro e Caten (2012), num ambiente competitivo, o controle estatístico abre caminho para melhorias contínuas, uma vez que garante um processo estável, previsível, com uma identidade e capacidade definidas, cuja evolução pode ser facilmente acompanhada.

O presente estudo foi realizado em conjunto com uma empresa de embalagens, onde foram fornecidos dados do processo de fabricação de frascos plásticos, a fim de serem aplicadas as ferramentas da qualidade, para análise do processo, identificação de possíveis erros e falhas do processo, e uma possível otimização do processo, trazendo ganhos a empresa e a colocando em uma posição melhor e mais competitiva no mercado.

Uma análise prévia dos dados mostrou que o processo estudado apresenta dados dispersos, indicando variações, havendo assim uma oportunidade de melhoria neste.

Diante deste contexto, e tendo em vista os resultados prévios, o presente trabalho buscou a implementação de um CEP, para maior controle do processo, garantindo assim uma maior qualidade em seus produtos, para melhor atender seus clientes.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Utilizar de dados documentais de análise das características de frascos plásticos, fornecidos pela empresa, para realização de uma análise estatística dos dados, estabelecer os limites de controle e construção de gráficos, a fim de proporcionar um maior controle no processo de produção de frascos plásticos, através da construção de um controle estatístico de processo (CEP).

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Descrever o processo de produção de frascos plásticos, e quais características são levadas em conta na análise.
- b) Estabelecer os limites de controle relacionados às características de qualidade analisadas.
- c) Construir gráficos de CEP.
- d) Construir gráficos de avaliação de capacidade do processo, com base nos padrões indicados como adequados pela empresa.



## 3 REVISÃO DE LITERATURA

### 3.1 QUALIDADE

A qualidade não pode ser resumida a apenas uma definição, mas a um apanhado geral de todas elas. Isto é, a qualidade envolve muitos aspectos simultaneamente. Trata-se de um processo evolutivo, em que os conceitos vão se modelando e se modificando (PALADINI, 2010).

Lobo (2010), mostra que para Juran (1999), qualidade significa adequação ao uso, já para Deming (2000), qualidade significa atender e, se possível, exceder as expectativas do consumidor, segundo Crosby (1995) qualidade significa atender às especificações.

Paladini (2004), considera que qualidade seja sinônimo de perfeição, da absoluta falta de defeitos no produto ou no serviço prestado.

Segundo Carpinetti (2011), o conceito de qualidade evoluiu. No passado era entendida como sinônimo de perfeição técnica, porém a partir da década de 1950 um novo conceito surgiu por alguns autores, onde a qualidade passou a ser caracterizada como a satisfação do consumidor quanto à adequação do produto a seu uso.

Barreto (2008), ressalta que qualidade em um produto, se refere a atender o cliente com perfeição, de forma acessível, segura, confiável e no tempo certo. Deve ter seu projeto correto, sem defeitos, com baixo custo, permitindo segurança e deve ser entregue na quantidade e tempo certos.

#### 3.1.1 Controle de Qualidade Total

Para Lobo (2010), controle da qualidade, é o conjunto das técnicas e atividades de caráter operacional utilizadas para satisfazer os requisitos propostos. O controle da qualidade envolve técnicas e atividades de caráter operacional com os objetivos de acompanhar e monitorar processos e eliminar as causas de deficiências em todas

as fases do ciclo de moto a atingir eficácia econômica. Algumas ações de controle e de garantia da qualidade estão inter-relacionadas.

Hackman e Wageman (1995), consideram que as premissas fundamentais que sustentam a visão de Qualidade Total são que:

a) os custos de qualidade baixa, em termos de inspeção, retrabalho, retornos, e perda de clientes, são muito maiores que os custos de desenvolver processos para garantir a qualidade;

b) os funcionários naturalmente se preocupam com a qualidade de seu trabalho e se interessam na melhoria, sempre que tenham as ferramentas e o treinamento necessários e sintam que a gerência presta atenção a suas ideias;

c) as organizações são sistemas de partes interdependentes em que os problemas tendem a cruzar barreiras funcionais. Por isso, é fundamental envolver representantes de todos os setores relevantes da organização na solução dos problemas;

d) a qualidade é a responsabilidade da alta direção.

Paladini (2004), cita que em seu livro, que de acordo com Juran e Gryna (1991), a Gestão da Qualidade Total é a extensão do planejamento dos negócios da empresa que inclui o planejamento da qualidade, e tem atividades usuais como:

a) Estabelecer objetivos abrangentes;

b) Determinar as ações necessárias para alcançá-los;

c) Atribuir responsabilidades bem definidas pelo cumprimento de tais ações;

d) Fornecer recursos necessários para o adequado cumprimento de tais responsabilidades

e) Viabilizar o treinamento necessário para cada ação prevista;

### 3.2 Ferramentas Da Qualidade

Segundo Lobo (2010) as ferramentas da qualidade são um primeiro passo para a melhoria da lucratividade do processo por meio da otimização das operações.

Carvalho (2012), define as ferramentas da gestão da qualidade, como mecanismos simples para selecionar, implantar ou avaliar alterações no processo

produtivo por meio de análises objetivas de partes bem definidas deste processo, com o objetivo de gerar melhorias.

Na visão de Carpinetti (2010), dentre as principais ferramentas da qualidade pode-se citar: Folha de verificação, Diagrama de Pareto, Diagrama Causa-Efeito, Histograma, Fluxograma, Gráfico de Dispersão e Gráfico de Controle.

Ainda segundo o mesmo autor, estas ferramentas facilitam na identificação das principais causas da formação de falhas, auxiliando na tomada de decisão, focadas na redução da incidência do modo de defeito responsável pelo maior impacto nas ocorrências de falhas no processo.

### 3.3 Controle Estatístico de Processo

Segundo Carpinetti (2012) o início formal do controle estatístico de processos (CEP) deu-se por volta de 1924, quando Walter A. Schewhart desenvolveu e aplicou os gráficos de controle no Bell Telephone Laboratories.

Ainda de acordo com o mesmo autor, a estatística industrial engloba além dos gráficos de controle e de outras ferramentas as técnicas de inspeção para aceitação, onde itens são aleatoriamente selecionados do lote para compor a amostra, dependendo do número de defeituosos na amostra, o lote é aceito ou rejeitado.

A ideia principal do CEP é melhorar os processos de produção com menos variabilidade proporcionando níveis melhores de qualidade nos resultados da produção. É muito comum nas fábricas que processos industriais não sejam otimizados no sentido de serem caracterizados por altos níveis de eficiência, no entanto, dentro do CEP existem ferramentas para monitorar o processo e, portanto, melhorá-lo. (PALADINI, 2002; CARVALHO & PALADINI, 2005).

De acordo com Paladini (1990), as atividades básicas do controle de processos, visam prevenir defeitos, evitar desperdícios, eliminar tudo o que possa comprometer a eficiência, e enfim, reduzir custos.

Carvalho (2012), ressalta que razão pela qual a aplicação de CEP impulsiona os custos para baixo é que o número e a porcentagem de peças defeituosas produzidas na fábrica vão diminuir com as melhorias na linha de produção. Portanto com menos refugo e menos retrabalho, o custo por peça produzida diminui

## 3.4 FERRAMENTAS DO CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO

### 3.4.1 Folha de Verificação

Segundo Lobo (2010), a folha de verificação, é um impresso o qual os itens a serem verificados já estão dispostos de tal forma que os dados possam ser coletados fácil e constantemente. E tem como principais vantagens:

- a) Facilitar seu uso consistente por pessoas diferentes;
- b) Reduzir a margem de erros;
- c) Garantir que os dados relevantes sejam coletados;
- d) Uniformizar o sistema de registros.

Ainda de acordo com o mesmo autor, os tipos mais comuns de folha de verificação são a folha de verificação da variação do processo, e a folha de verificação de falha no processo.

Usualmente, quanto mais pessoas processam dados, maior é a possibilidade do aparecimento de erros de escrita. Por esta razão, a folha de verificação, na qual os dados podem ser registrados através de marcas ou símbolos simples, e imediatamente organizados sem necessidade de rearranjo manual posterior, torna-se uma poderosa ferramenta de registro (KUME,1993).

Trivellato (2010), define que existem diversos tipos de folha de verificação, o mais comum é utilizado para distribuição de um item de controle de um processo produtivo, que consiste em classificar, localizar e identificar a causa dos defeitos. A escolha de uma folha de verificação é realizada após a descoberta clara do objetivo da coleta de dados.

A Figura 1 abaixo, ilustra um modelo de Folha de Verificação para registro de defeitos encontrados nos produtos produzidos.

Lista de Verificação		
Problema:		
Estágio de Verificação:		Data:
Produto:		Seção:
Total Inspeccionado:		Inspetor:
Lote:		Turno:
Tipo de Defeito	Contagem	Subtotal
Arranhão	□□□	
Trinca	□┌	
Revestimento inadequado	□□□┌	
Mancha	┌	
Acabamento inadequado	□	
Outros		
		TOTAL
Total Rejeitado		

**Figura 1 – Exemplo de folha de verificação de itens defeituosos.**  
**Fonte: Voitto (2018)**

### 3.4.2 Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto é um gráfico de barras que classifica os dados de um problema por ordem de importância, de modo a estabelecer prioridades de ação corretiva (LOBO, 2010).

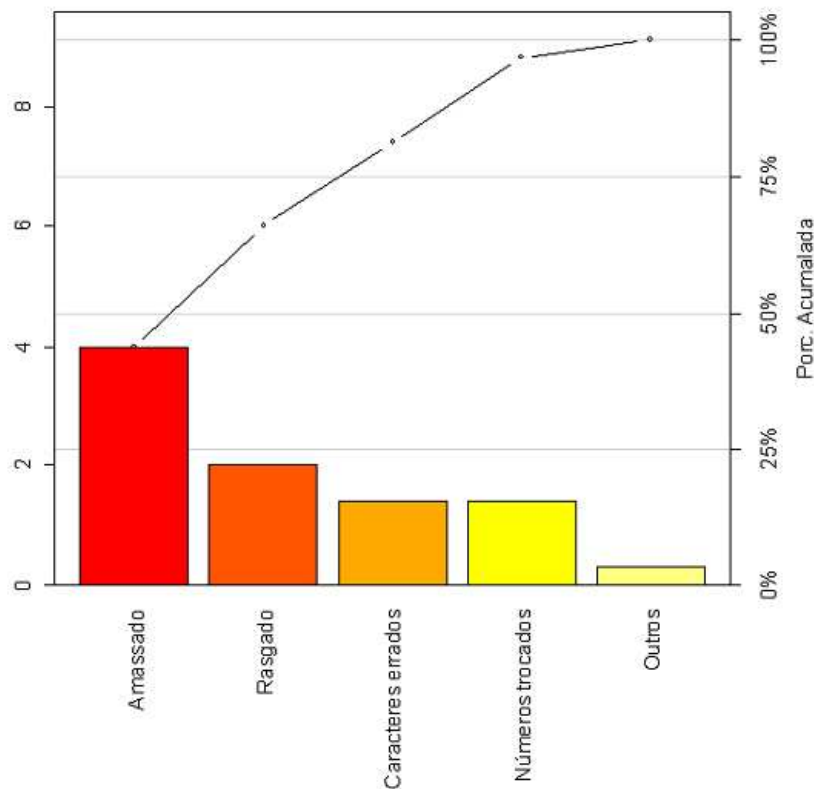
Para Barbosa (2009), o gráfico de Pareto torna visível a relação de ação/benefício, priorizando a ação que trará melhores resultados. O uso desta ferramenta estatística evidencia as “poucas causas vitais” dentre as “muitas causas triviais”.

Segundo Lobo (2010) o princípio de Pareto é conhecido pela relação 80/20, onde 80% dos problemas são resultantes de 20% de causas potenciais.

Para Kume (1993), se as causas destes problemas forem identificadas, poderemos eliminar quase todas as perdas concentrando-nos sobre estas causas principais, assim podemos resolver este tipo de problema de uma forma eficiente, através do diagrama de Pareto.

O gráfico de Pareto é uma das ferramentas mais utilizáveis dentro das ferramentas de qualidade, são muito utilizados em aplicações não industriais de métodos de melhoria de qualidade (MONTGOMERY, 2004).

A seguir apresenta-se a ilustração, de um modelo de gráfico de Pareto, presente na Figura 2.



**Figura 2 - Gráfico de Pareto**  
**Fonte: Portal, ACTION (2018).**

### 3.4.3 Diagrama Causa-Efeito

Segundo Kume (1993), o diagrama de causa-efeito é um diagrama que mostra a relação entre uma característica da qualidade e os fatores. O diagrama é usado não apenas para lidar com as características da qualidade de produtos, mas também em outros campos, e tem encontrado aplicações no mundo inteiro.

Para Lobo (2010), o diagrama foi desenvolvido para representar a relação entre o efeito e todas as possibilidades que podem contribuir para ele. Esse diagrama é desenhado para ilustrar as várias causas que afetam um processo por classificação e relação das causas.

De acordo com Neto et al. (2008), o diagrama pode ser comparado a uma espinha de peixe, e é estruturado com uma linha horizontal que finaliza indicando o efeito ou a consequência, nas partes inferiores e superiores a seta, estão as causas que interferem no processo.

A Figura 3 ilustra um modelo de Diagrama de causa e efeito, relacionando os fatores ao problema, que seria o efeito dos mesmos.

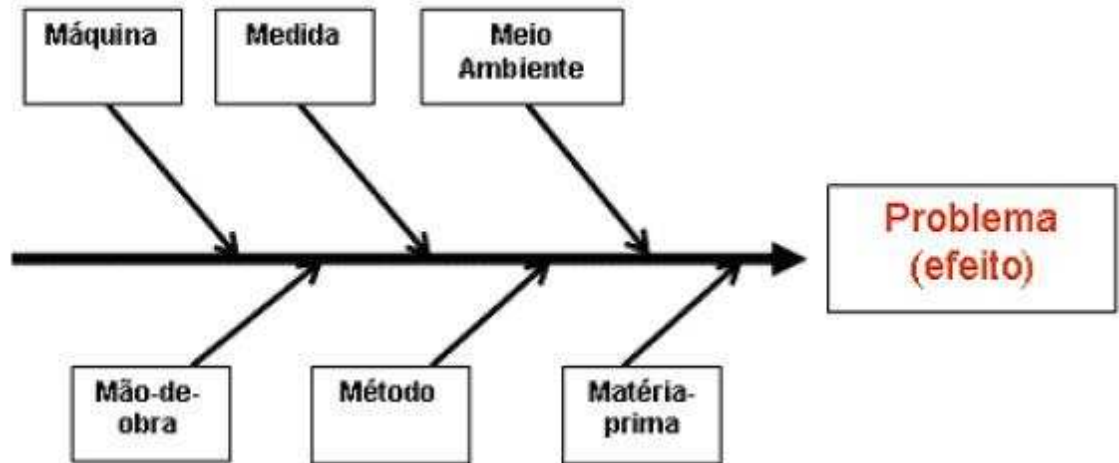


Figura 3 – Diagrama causa e efeito  
Fonte: Marketing Futuro.(2012)

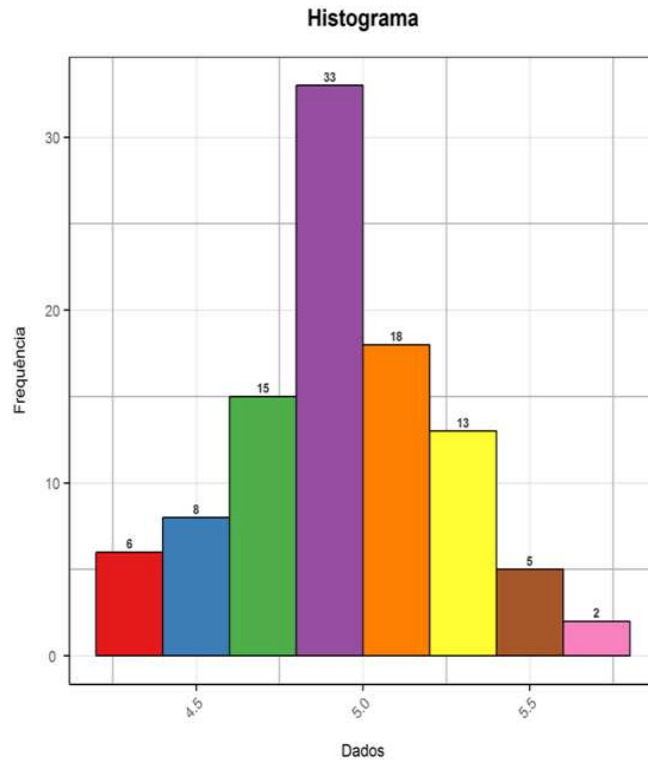
#### 3.4.4 Histograma

Para Carvalho (2012) a melhor maneira de analisar uma série de dados é graficamente.

Segundo Lobo (2010), o histograma consiste em um gráfico de barra, que resume visualmente a variação de um conjunto de dados. A natureza gráfica de um histograma permite a visualização imediata da variação do processo.

Para Kume (1993), dados obtidos de uma amostra servem como base para uma decisão sobre a população, é necessário então um método que nos possibilite conhecer a população em um rápido exame, um histograma atende as necessidades, por meio da organização de muitos dados num histograma e, podemos conhecer a população de maneira objetiva.

O histograma (Figura 4) também permite a possibilidade de se verificar a tendência à normalidade de dados, esta verificação permite avaliar a possibilidade de aplicação do CEP (SCHISSATTI, 1998).



**Figura 4 – Histograma**  
**Fonte: Portal, ACTION. (2018)**

### 3.4.5 Fluxograma

Segundo Lobo (2010), o gráfico de processamento, para trabalhos de análise administrativa, é o fluxograma, um gráfico universal, que representa o fluxo ou a sequência normal de qualquer trabalho, produto ou documento. As vantagens do fluxograma são:

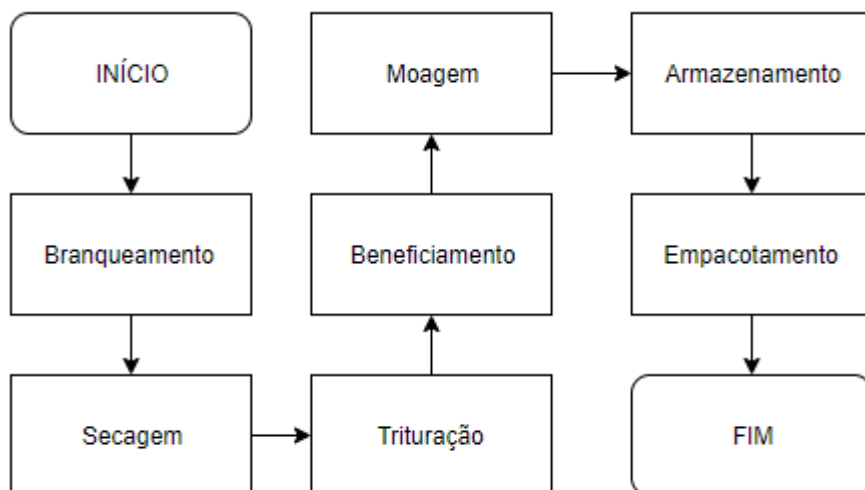
- a) Permitir verificar como funcionam os componentes de um sistema, facilitando a análise de sua eficácia;
- b) Entendimento simples e descritivo;
- c) Facilidade de localização das deficiências, pela fácil visualização dos passos;
- d) Aplicação a qualquer sistema;
- e) Rápido entendimento de qualquer alteração, por mostrar claramente as modificações introduzidas.

Ainda segundo o mesmo autor o roteiro para a elaboração de um fluxograma se dá por:



- a) Comunicação;
- b) Coleta de dados;
- c) Fluxogramação;
- d) Análise de fluxograma;
- e) Relatório de análise;
- f) Apresentação do trabalho.

Para elaborar um fluxograma, deve-se fazer um levantamento dos passos que envolvem o trabalho, desde o operador até o final, passando pelos formulários envolvidos no processo (LOBO, 2010). Um exemplo de fluxograma que apresenta um processo de produção pode ser observado na Figura 5.



**Figura 5 – Modelo de fluxograma do processo produtivo de erva-mate.**  
**Fonte: Autoria própria.**

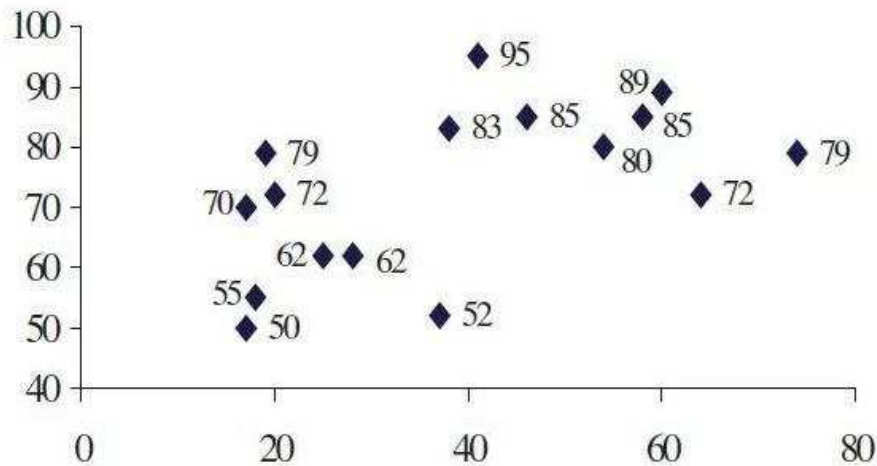
#### 3.4.6 Gráfico de Dispersão

Segundo Lobo (2010), o diagrama de dispersão é construído de forma que o eixo horizontal represente os valores medidos de uma variável, e o eixo vertical represente as medições da segunda variável. O diagrama é utilizado para estudar a possível relação entre duas variáveis, identificando uma possível relação entre causa e efeito.

Para Kume (1993) , as variáveis, com o qual pretende-se lidar são:

- a) Uma característica da qualidade e um fator que a afeta;
- b) Duas características da qualidade que se relacionam, ou
- c) Dois fatores que se relacionam com uma mesma característica da qualidade.

Na Figura 6, encontra-se um exemplo de diagrama de dispersão.



**Figura 6 – Gráfico de Dispersão**  
 Fonte: Blog da Qualidade.(2013)

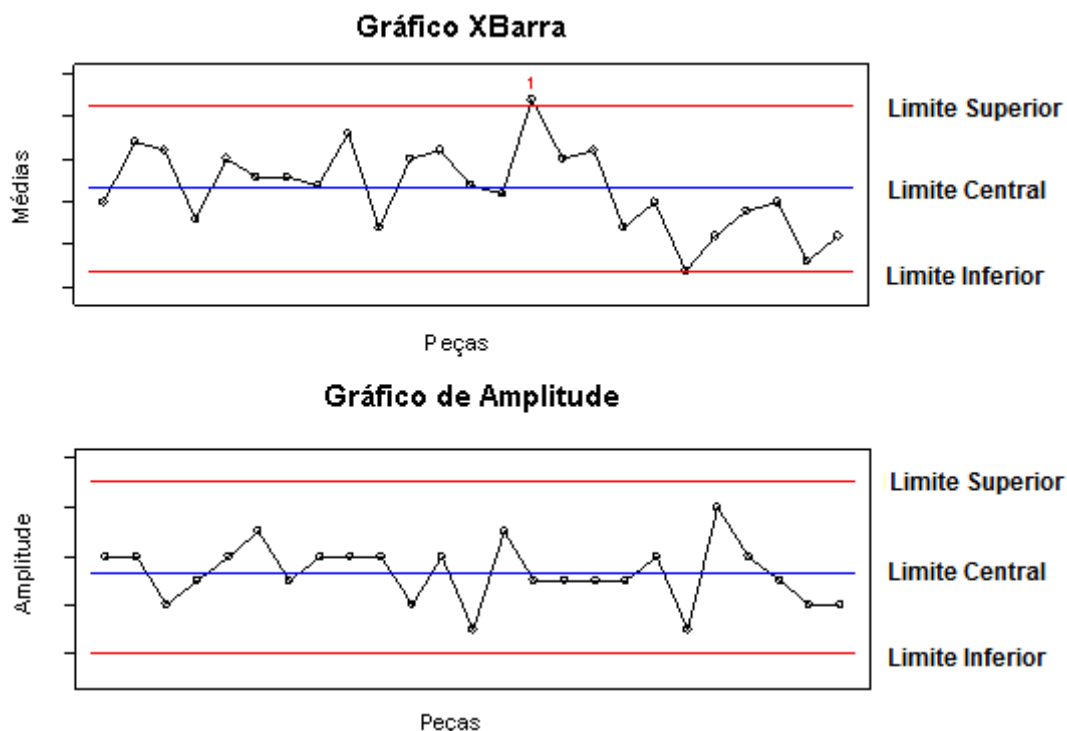
### 3.4.7 Gráfico de Controle

O gráfico de controle foi originalmente proposto em 1924, por W. A. Shewhart, que trabalhou no Bell Telephone Laboratories, com a intenção de eliminar variações anormais pela diferenciação entre variações devidas a causas assinaláveis e aquelas devidas causas aleatórias (KUME,1993).

Segundo Kume (1993) o gráfico de controle, consiste em uma linha central, um par de limites de controle, um abaixo e outro acima da linha central, e valores característicos marcados no gráfico representando o estado de um processo. Se todos esses valores marcados estiverem dentro dos limites de controle, sem qualquer tendência o processo é considerado sob controle, entretanto, se os pontos indicarem pontos fora dos limites de controle ou apresentarem disposição atípica, o processo é julgado fora de controle.

De acordo com Montgomery (2013), se os pontos se comportarem de maneira não aleatória ou sistemática, pode ser um indicio de que o processo não está sob controle, ainda que todos os pontos estejam dentro das especificações.

Para melhor visualização e entendimento do gráfico de controle, segue abaixo um exemplo do mesmo na Figura 7.



**Figura 7 – Gráficos de Controle**  
 Fonte: Portal, ACTION.(2018)

### 3.5 INDÚSTRIA DE PLÁSTICO NO BRASIL

De acordo com o Wehbe (2018), a indústria de transformação de plásticos, também conhecida como de terceira geração, representa a sétima maior atividade da economia brasileira, com peso expressivo no PIB nacional.

Segundo a Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST, 2017), o mercado concentra 12 mil empresas, sendo 94% delas micro e pequenas,

empregando cerca de 350 mil pessoas, sendo que em 2009 o setor apresentou um total de R\$40,2 bilhões.

Wehbe (2018), expõe que em 2009 o mercado nacional de embalagens plásticas, foi avaliado em seis bilhões de dólares, pelo instituto Datamark, representando 1,7 milhão de toneladas, sendo que destes 30% do volume é da indústria de alimentos, 32% de bebidas; e 38% de não alimentos.

A demanda por embalagens plásticas no segmento de não alimentos, está concentrada nas indústrias farmacêutica, de defensivos agrícolas, higiene e limpeza. Dentro da indústria farmacêutica, uma categoria que chama atenção é a dos genéricos, que cresce uma média anual de 25%, sendo que em 2009 eles representam 15% do faturamento, sendo estes R\$ 5 bilhões (WEHBE, 2018).

No caso dos genéricos, a embalagem é um requisito fundamental do produto, uma vez que ajuda a quebrar o preconceito quanto a sua qualidade (WEHBE, 2018).

De acordo com a Associação Brasileira de Redes de Farmácias e Drogarias (ABRAFARMA, 2017), em 2010 foram movimentadas 1,86 bilhão de unidades de medicamentos, tendo seu mercado em crescimento e chegando a faturar R\$35,97 Bi, no ano de 2015.

### 3.6 PROCESSO DE EXTRUSÃO

Para Lobo (2010), processo é o conjunto de recursos e de atividades inter-relacionadas o qual transforma elementos de entrada em elementos de saída. Os recursos podem incluir pessoal, finanças, instalações, equipamentos, técnicas e métodos.

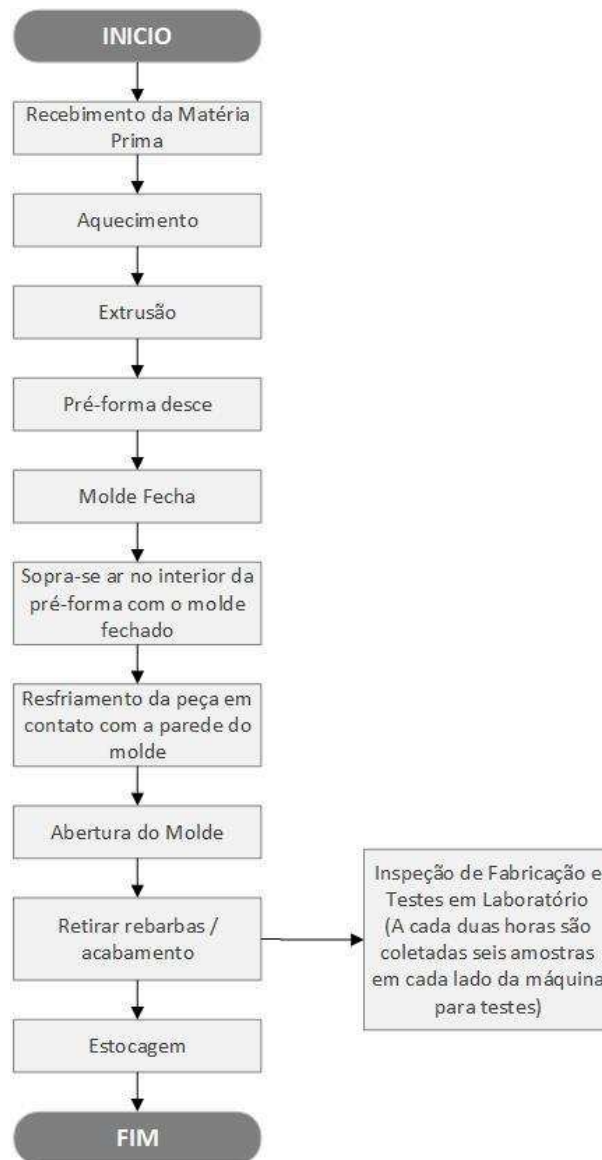
O processo de extrusão de plástico começa com os materiais que são chamados de resinas termoplásticas, um tipo de plástico que pode ser derretido, processado e, em seguida, ser derretido novamente para ser usado outra vez. Essas resinas são geralmente entregues em forma de pelotas ou grânulos para serem utilizadas nas máquinas de extrusão de plástico (PLÁSTICO, VIRTUAL; 2017).

Realizada a primeira etapa, deve ser feita uma alimentação do funil da extrusora com a matéria prima, onde o material passará por um transporte dentro de um cilindro

aquecido, nesta etapa são feitas a alimentação, compressão e dosagem (PLÁSTICO, VIRTUAL; 2017).

Inicialmente na alimentação o material é aquecido até próximo de seu ponto de fusão, após isto o material é comprimido promovendo sua plastificação, e a dosagem garante uma mistura eficiente do material. Após este processo são retiradas as impurezas do material, e ele segue para a matriz onde tomará a forma do produto final (PLÁSTICO, VIRTUAL; 2017).

Para melhor entendimento do processo de extrusão, foi construído um fluxograma do mesmo de forma resumida. Este encontra-se na Figura 8.



**Figura 8 – Fluxograma do processo de extrusão resumido.**  
**Fonte: Autoria Própria.(2018)**

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 A EMPRESA

Para o presente estudo, foram utilizados dados fornecidos pela empresa X, que atua no ramo de embalagens, tendo uma vasta gama de produtos, para diferentes finalidades, e feitos de diversos materiais.

A empresa atua tanto no comércio de seus produtos para varejo, quanto para fabricação dos próprios, da compra de sua matéria prima, à transformação em produto final e distribuição. Foram utilizados os dados de controle dos frascos plásticos produzidos por eles.

### 4.2 CLASSIFICAÇÃO METODOLÓGICA

Gil (2010), define pesquisa como um procedimento racional e sistemático, que tem por fim fornecer respostas aos problemas propostos, é desenvolvida de acordo com os conhecimentos disponíveis e a utilização de métodos e técnicas de investigação científica. A pesquisa se trata de um processo, que se desenvolve através de inúmeras fases, da formulação correta do problema até uma apresentação satisfatória dos resultados.

De acordo com Marconi e Lakatos (2013), o desenvolvimento de um projeto de pesquisa se dá através de seis passos, sendo estes:

- a) Seleção do tópico ou problema para a investigação.
- b) Definição e diferenciação do problema.
- c) Levantamento e hipóteses de trabalho.
- d) Coleta, sistematização e classificação dos dados.
- e) Análise e interpretação dos dados.
- f) Relatório do resultado da pesquisa.

No presente estudo o problema a ser investigado, são as variações das características padrão em frascos plásticos, o problema foi definido com base nos dados apresentados pela empresa, onde foi feita uma avaliação inicial, e notou-se comportamento fora do padrão. A empresa possui um procedimento padrão de coleta diária de amostras para análises, a mesma forneceu dados amostrais suficientes para o estudo, referentes a um período de 60 horas do mês de março de 2018.

Posteriormente os dados foram organizados para que pudessem ser feitas análises e gráficos a fim de encontrar anomalias no processo, e fazer a construção de um relatório, relatando os problemas e variações encontrados bem como possíveis sugestões de melhoria.

Segundo Gerhard e Silveira (2009), a pesquisa pode ter sua natureza como básica ou aplicada. A pesquisa aplicada, objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, voltados a solução de problemas específicos, envolvendo verdades e interesses locais. Já a pesquisa básica tem por objetivo gerar novos conhecimentos, sem aplicação prática prevista, envolvendo interesses e verdades universais. Assim a natureza da pesquisa proposta foi aplicada, pois envolve a realização e aplicação das soluções do estudo, para possíveis melhorias no processo de produção de frascos plásticos.

Ramos e Busnello (2005), classificam a pesquisa como qualitativa ou quantitativa, quanto a abordagem do problema. A quantitativa, diz respeito a tudo que pode ser mensurado em números, classificados e analisados, e faz uso de técnicas e métodos estatísticos; a qualitativa não pode ser traduzida em números, é utilizada para verificar a relação da realidade com o objeto de estudo, obtendo várias interpretações de uma análise indutiva por parte do pesquisador.

A abordagem utilizada no estudo foi de caráter quantitativo, onde foram utilizadas uma quantidade suficiente de amostras, que pudessem representar a população.

Gil (2010), define que com relação aos objetivos gerais, as pesquisas podem ser classificadas em exploratórias, descritivas e explicativas. A primeira, tem como propósito promover maior familiaridade com o problema, torna-lo mais explícito e construir hipóteses. A pesquisa descritiva, tem como objetivo a descrição das características da população, bem como o estudo de tais características, também com a finalidade de identificar possíveis relações entre variáveis; e a explicativa, procura identificar fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de

fenômenos, tem como finalidade explicar a razão, o porquê das coisas. Assim, este estudo foi caracterizado como uma pesquisa descritiva, já que conta com a análise de dados dos frascos plásticos, que possuem características a serem analisadas, como seu peso, alturas e diâmetros, bem como encontrar uma possível relação entre a variação nas características do frasco e o processo.

Com relação ao seu procedimento técnico, a classificação das pesquisas podem ser: bibliográfica, documental, experimental, ensaio clínico, estudo caso-controle, estudo de coorte, levantamento de campo (survey), estudo de caso, etnográfica, fenomenológica, teoria fundamentada nos dados, pesquisa-ação e pesquisa participante (GIL, 2010). Quanto ao procedimento utilizado neste trabalho, este pode ser caracterizado como uma pesquisa documental e operacional, já que conta com documentos e dados da empresa, que serão utilizados para que sejam feitas avaliações, previsões e possíveis sugestões de melhoria para o processo operacional estudado.

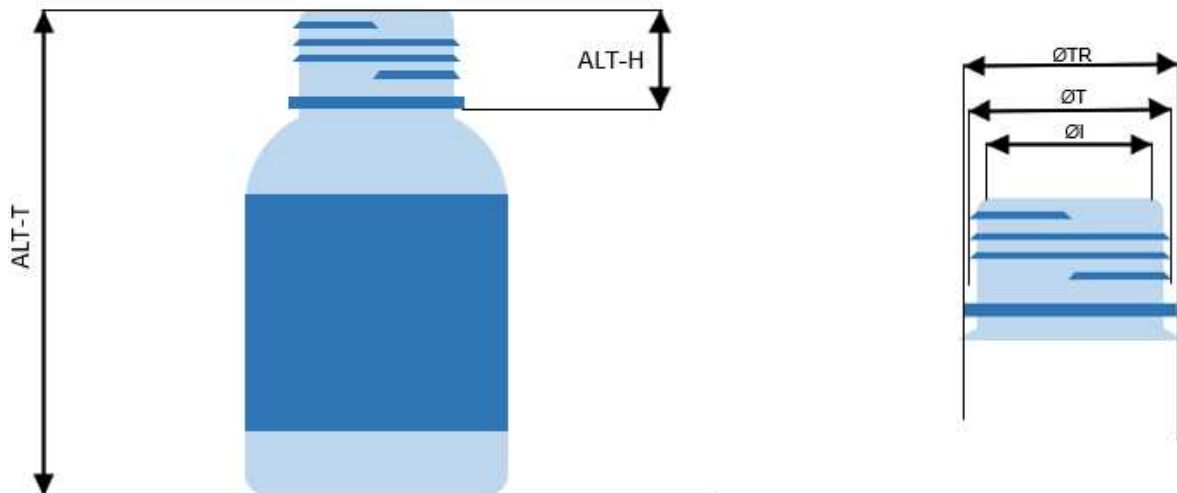
#### 4.3 PROCEDIMENTOS

Para realização do estudo, inicialmente foi feita uma visita a empresa em questão, onde foi apresentado o processo de fabricação do produto em estudo; os frascos plásticos. Dados de controle foram coletados a cada duas horas, sendo que são coletadas 6 amostras de cada um dos lados da máquina por vez, que para verificação dos padrões de qualidade exigidos.

As características levadas em conta nas análises dos dados foram as características de: Peso, as alturas ALT-T, sendo esta a altura total do frasco, ALT-H que é a altura da rosca da tampa, e os diâmetros  $\emptyset$ TR,  $\emptyset$ T e  $\emptyset$ I, que são as medidas presentes na rosca onde a tampa é encaixada.

Na Figura 9 pode-se observar uma ilustração demonstrativa do frasco estudado, contendo as características que foram levadas em consideração para as análises, em conjunto com suas especificações.





Peso (g):	4,5 +- 0,3 (4,2 à 4,8)	ØTR (mm):	19,9 +- 0,2 (19,7 à 20,1)
ALT-T (mm):	60,2 +- 0,5 (59,7 à 60,7)	ØT (mm):	18,1 +- 0,2 (17,9 à 18,3)
ALT-H (mm):	13,4 +- 0,5 (12,9 à 13,9)	ØI (mm):	10,7 +- 0,2 (10,5 à 10,9)

**Figura 9 – Imagem ilustrativa do frasco plástico e suas características.**  
**Fonte: Autoria Própria. (2018)**

Foram concedidos dados suficientes pela empresa, para que estes pudessem ser analisados a fim de entender e encontrar variações no processo, totalizando 420 dados. A partir destas foram criados gráficos de controle que possibilitassem a implantação dos limites de controle na empresa, bem como encontrar possíveis causas destas variações.

As amostras estudadas foram organizadas de acordo com o horário de coleta, onde foram coletadas seis amostras por vez, em cada um dos dois lados da máquina, e separadas de acordo com a característica em questão, sendo estas, o peso, as alturas e diâmetros do produto.

Para a construção de gráficos de controle, é recomendável a utilização de uma amostra com mais de 25 dados, e até no máximo 15 observações para o subgrupo. (RAMOS, ALMEIDA e ARAUJO, 2013). No presente estudo foram utilizados grupos de 30 dados, com subgrupos de 6 observações cada, sendo estes referentes a cada característica analisada, e sendo coletados em ambos os lados A e B da máquina.

Para uma melhor visualização do processo, foi realizada a construção de gráficos de CEP, onde foi possível que análises fossem feitas, a fim de encontrar amostras fora dos padrões. A construção dos gráficos de CEP, normalidade,

capacidade e controle se deu através da utilização do software Action Stat® (PORTAL ACTION, 2018).

Através do software, foram realizadas as análises de capacidade e performance, tendo incluído o teste de normalidade, a fim de verificar se os dados seguem uma distribuição normal, caso não seja verificada a normalidade, transformações nos dados para normalização foram feitas sempre que possível e necessário, caso não fosse possível normalizar os dados, testes não paramétricos eram escolhidos pois estes não requerem que os dados sejam normais para aplicação, e a posteriormente será feita a análise destes.

Para ilustrar o processo de normalização de dados seguido pelo software Action Stat®, foi criado um fluxograma do mesmo, este encontra-se na Figura 10.

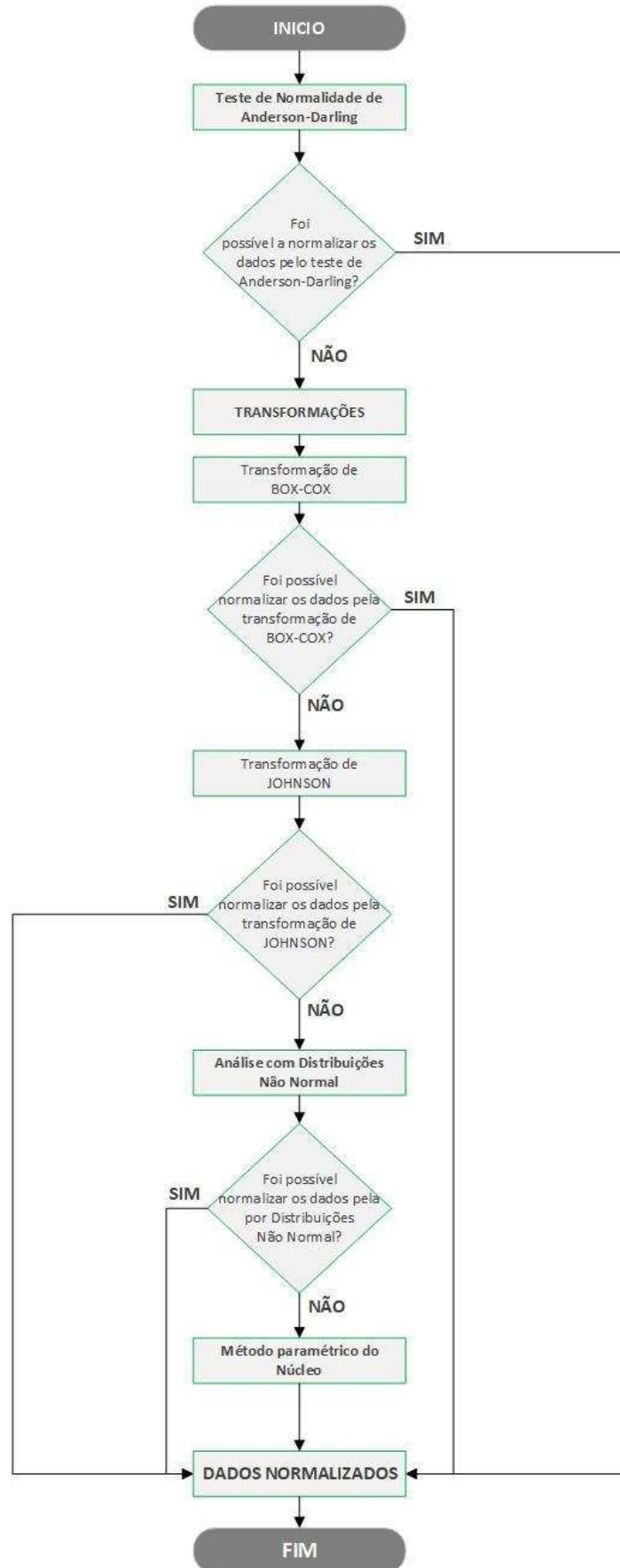


Figura 10 – Fluxograma do processo de normalização de dados utilizado pelo software Action.  
 Fonte: Autoria Própria.(2018)

Nas análises de capacidade e performance, os valores de Cp (capacidade potencial) e Cpk (capacidade real), representam o desempenho de curto prazo, enquanto Pp (performance potencial) e Ppk (performance real), representam desempenho de longo prazo. Esses índices podem ser considerados como uma medida da qualidade do processo, apresentando informações de se o processo é centrado. Quanto maior os valores, menor será a probabilidade de o processo produzir defeitos (ROSSI; MIRTICHEV, 2016a).

Se Cp ou Pp forem menores que 1,00, então o valor de  $6\sigma$  da amostra de dados será maior que a largura da banda de tolerância. Isso significa que peças fora especificação sempre serão produzidas na parte superior ou inferior da faixa de tolerância (ou em ambas simultaneamente). Neste caso, não é possível produzir todas as peças dentro da tolerância. Peças fora de especificação serão, sem dúvida, produzidas (KENT, 2016).

Segue abaixo o Quadro 1 com as diretrizes para classificação das medidas de capacidade e performance dos processos, que foram adotadas na avaliação da capacidade e performance do processo:

Classificação	Cpk	Expectativas	Ppk
Excelente capacidade de processo	> 1,67	Observar um defeito por milhão de unidades fabricadas	= 1,67
Boa capacidade de processamento	entre 1,33 e 1,67	Observar 63 defeitos por milhão de unidades fabricadas	= 1,33
Capacidade justa do processo	entre 1,0 e 1,33	Observar 2700 defeitos por milhão unidades fabricadas	= 1,00
Capacidade insatisfatória do processo	<1,0	Observar mais de 2700 defeitos por milhão unidades fabricadas	<1,0

**Quadro 1. Diretrizes gerais para as medidas de capacidade e performance dos processos**  
**Fonte: Rossi e Mirtchev (2016a)**

Se o processo está sob controle, Cp e Cpk representam a capacidade real do processo, como se comportou no passado e o que se espera que continue a fazer no futuro (Pp e Ppk). Se o processo é imprevisível por ser instável e estar fora de controle, os índices perdem sua representatividade (HARBOR, 2017).

Rossi e Mirtchev (2016b) explicam que para avaliarmos a estabilidade do processo comumente são feitos gráficos de média e desvio padrão, como os

apresentados nesse estudo. Explicam ainda que existem regras de execução para a detecção de mudanças no processo.

O software Action Stat® testa oito regras, que são as seguintes: i) um ponto fora dos limites de controle; ii) sete ou mais pontos em sequência no mesmo lado da linha; iii) seis ou mais pontos em sequência, todos crescentes ou decrescentes; iv) quatorze ou mais pontos consecutivos, alternando-se acima e abaixo da linha central e v) dois de três pontos consecutivos maiores que dois desvios da linha central; vi) quatro de cinco pontos consecutivos maiores que um desvio padrão a partir da linha central; vii) quinze ou mais pontos consecutivos dentro de um desvio padrão a partir da linha central e por fim viii) oito ou mais pontos consecutivos maiores que um desvio padrão a partir da linha central.

Histogramas foram construídos para melhor visualização da distribuição dos dados em comparação com as especificações, e uma análise descritiva completa dos dados foi feita e apresentada, para avaliação da estabilidade do processo.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 PROCESSO PRODUTIVO

Um dos objetivos do presente trabalho foi o de descrever o processo produtivo dos frascos plásticos, o processo se inicia com a chegada da matéria prima à empresa, feito este, é selecionada a matéria prima necessária para produzir o frasco em questão, diferentes tipos de polímeros são utilizados para diferentes tipos de frascos.

Após este, é feita a alimentação da máquina com a matéria prima, esta fica responsável por derreter, e converter a matéria prima, para que esta fique mais elástica. A matéria é transformada pelo processo de extrusão, saindo em pequenos tubos, são então colocados moldes com o formato do frasco em volta do tubo, e a máquina molda este no formato do frasco através de sopro.

O frasco então é liberado, são retiradas as rebarbas, e estes passam para a fase de análise, onde são feitas medições das características do mesmo, para verificar se estas se enquadram no padrão exigido pela empresa.

Rossi e Mirtchev (2016a), explicam que a análise de capacidade de um processo permite que os pesquisadores encontrem a ligação entre a voz do cliente ou limites legais ou escolhas das empresas, com base nos limites de especificação e a voz do processo, o que o processo pode entregar.

Nos próximos itens serão apresentadas as análises de capacidade do processo para as seis características dos frascos estudados, bem como a avaliação da estabilidade do processo em conjunto, com vistas a avaliar as possibilidades do processo, pois quando um processo não está sob controle a validade da análise de capacidade fica comprometida.

## 5.2 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DOS FRASCOS

### 5.2.1 Peso

A primeira característica a ser analisada, foi o peso do frasco. Segundo o padrão indicado pela empresa, cada frasco deve pesar entre 4,2 e 4,8 gramas, sendo o seu alvo de 4,5g.

#### 5.2.1.1 Análise da característica de peso no lado A

Para a análise, inicialmente testou-se a normalidade dos dados, o teste de normalidade de Anderson-Darling foi utilizado para tal verificação. O p-valor associado à esta estatística foi de 0, portanto foi rejeitada a hipótese de normalidade. Os valores encontrados no teste podem ser visualizados na Tabela 1.

**Tabela 1. Teste de normalidade dos dados para característica de peso no lado A.**

Teste	Estatísticas	P-valores
Anderson - Darling	2,0738	0
Kolmogorov - Smirnov	0,0999	0,0002
Shapiro - Wilk	0,9644	0,0002

**Fonte: Aatoria Própria.**

Dado que se rejeitou a hipótese de normalidade, foi necessário tentar ajustes por uma transformação de dados. Não foi possível uma normalização dos dados tanto pela transformação de Box-Cox, quanto de Johnson, assim utilizou-se do método de análise com distribuição não normal.

Para a identificação de distribuição, utilizou-se o teste de Anderson-Darling, para verificar a adequação dos dados a outras distribuições, os resultados podem ser encontrados na Tabela 2.

**Tabela 2. Teste de Anderson-Darling para característica de peso no lado A.**

Distribuições	Estatística	P-Valor
Normal( $\mu = 4.52$ , $\sigma = 0.086$ )	2,0738	0
Log-Normal( $\log(\mu) = 1.50771$ , $\log(\sigma) = 0.0191698$ )	2,2192	0
Exponencial(Taxa = 0.221375)	79,6539	0
Logística(Locação = 4.52, Escala = 0.046)	0,9108	0,0097
Gamma(Forma = 2732.21, Taxa = 604.842)	2,1611	0,005
Weibull(Forma = 56.8379, Escala = 4.55781)	3,0553	0,01
Gumbel(Locação = 4.47196, Escala = 0.0991348)	8,2959	0,01

Fonte: Autorial Própria.

A partir dos resultados, verificou-se que nenhuma das distribuições consideradas podem ser utilizadas para modelar a distribuição dos dados, já que todas apresentaram um p-valor considerado baixo, portanto é necessário utilizar o método não paramétrico do Núcleo para a análise.

Como não foi possível a análise pelos métodos anteriores, utilizou-se então o método não paramétrico do núcleo, segue a Tabela 3 apresentando de testes para a qualidade do ajuste do método não paramétrico

**Tabela 3. Teste do método não paramétrico do núcleo para característica de peso no lado A.**

Testes	Método	Estatística	P-valor
Cramér-von Mises	gaussian	0,0057	0,999
Kolmogorov-Smirnov	gaussian	0,0444	0,9942

Fonte: Autorial Própria.

Foram então calculados indicadores da performance do processo, estes comparam as especificações com a variabilidade total do processo. Os índices de performance são baseados em dados passados do processo, como este vem se comportando, comparam a tolerância especificada com a performance do processo através do desvio padrão de longo prazo. Os valores de tais índices podem ser encontrados na Tabela 4:

**Tabela 4. Índices de performance do processo para característica de peso no lado A.**

Índices	Índices de Performance
PP	1,138
PPI	1,0525
PPS	1,2574
PPk	1,0525

Fonte: Autorial Própria.

Os índices de performance são utilizados para estimar o desempenho por períodos de tempo muito maiores, consideram variações sazonais, tais como de



fluxos de ingredientes ou condições atmosféricas, como temperatura e umidade, em instalações de produção que têm pouco controle desses elementos (ROSSI; MIRTICHEV, 2016a).

Harbor (2017), explica que o índice de capacidade para ser calculado precisa dos valores de variação esperados para o processo, enquanto que os índices de performance se baseiam na variação real apresentada pelo processo passado. Por esse motivo, no caso dos dados não poderem ser normalizados, como ocorreu com esse conjunto de dados e da necessidade do uso do método não paramétrico, o software Action Stat® não apresenta resultados para capacidade do processo, apenas para a performance.

Com os dados amostrais foram calculados também os índices observados e esperados, de produtos fora da especificação em um milhão de oportunidades (PPM), os resultados podem ser encontrados na Tabela 5.

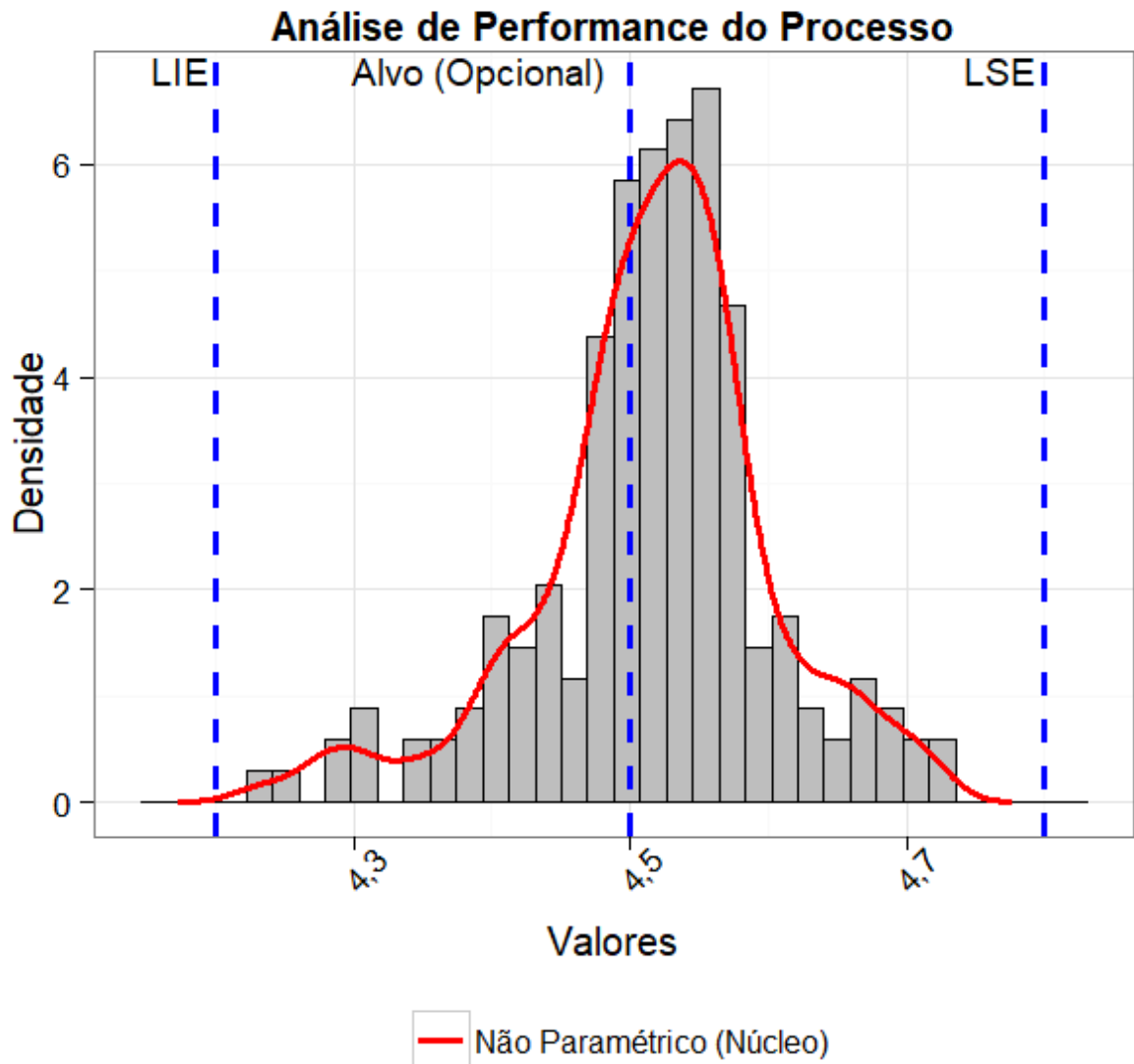
**Tabela 5. Índices de produtos produzidos fora do padrão para característica de peso no lado A.**

<b>Indicadores</b>	<b>Índices Observados</b>	<b>Índices Esperados</b>
PPM > LSE	0	0
PPM < LIE	0	316,5307
PPM Total	0	316,5307

**Fonte: Autoria Própria.**

Pode-se concluir então que das amostras observadas, nenhuma saiu dos padrões exigidos pela empresa, porém no comportamento de performance futura do processo, espera-se que 317 amostras em cada um milhão de frascos produzidos acabem saindo fora dos padrões para valores menores que a especificação inferior, devido a variações que este possa ter, com base nos cálculos de probabilidade futura.

Para melhor visualização da distribuição dos dados, foi feito um histograma dos dados em comparação às especificações.

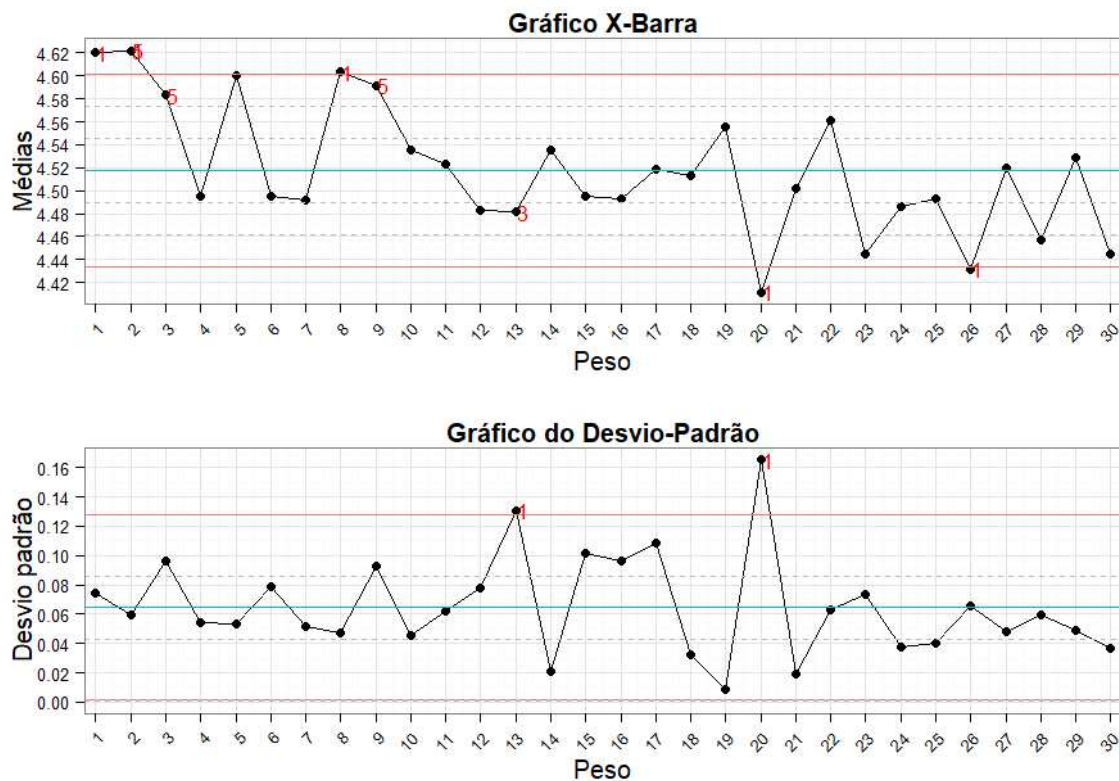


**Figura 11. Histograma da análise de performance do processo para característica de peso no lado A.**

**Fonte: Autoria Própria**

Por meio do histograma, pode observar-se que os dados se encontraram dentro dos limites superior e inferior estabelecidos, isto mostrou que de acordo com o Quadro 1, que apresenta a classificação de Rossi e Mirtchev (2016a) o processo está com uma capacidade justa, a proximidade entre os índices de performance  $P_p$  e  $P_{pk}$  nos mostrou que o processo seria previsível (HARBOR, 2017), esta proximidade também indica que processo estava centralizado, com sua média próxima ao alvo.

Para avaliarmos a estabilidade do processo foram feitos gráficos de média e desvio padrão.



**Figura 12. Gráficos de controle para característica de peso no lado A.**  
**Fonte: Autoria Própria**

A partir de tais gráficos, percebeu-se que embora o processo seja capaz, e esteja dentro dos limites superior e inferior de especificação de acordo com a análise de performance realizada, este se mostrou não estável, já que existem pontos variando acima e abaixo, dos limites dos gráficos de controle (regra i) e pontos consecutivos decrescendo dentro do sistema (regra iii) e pontos além dos dois desvios (regra v).

Kent (2016), explica que não se espera que os resultados da amostra sejam constantes, mas os limites inferior e superior de variação nos fornecem os níveis razoáveis de variação. É improvável que variações fora desses níveis sejam causadas por causas comuns, mas por causas especiais as quais precisam ser identificadas removidas ou reduzidas.

Dessa forma os dados aqui analisados por conta do aparecimento desses valores que violam as regras no conjunto de dados, o processo deve ser acompanhado, as causas especiais devem ser identificadas e removidas ou reduzidas para a realização de uma nova coleta de dados, com posterior nova análise de CEP.

### 5.2.1.2 Análise da característica de peso no lado B

Para a análise no lado B da máquina, utilizou-se da mesma metodologia, inicialmente foi testada a normalidade dos dados, para tal escolheu-se para avaliação o teste de normalidade de Anderson-Darling, o p-valor associado foi de 0,2474, logo ao nível de significância de 5% foi aceita a hipótese de normalidade. Os valores encontrados podem ser observados abaixo na Tabela 6.

**Tabela 6. Teste de normalidade para característica de peso no lado B.**

Testes	Estatísticas	P-valores
Anderson - Darling	0,4677	0,2474
Kolmogorov - Smirnov	0,0574	0,1563
Shapiro - Wilk	0,9756	0,003

Fonte: Autoria Própria

Tendo sido verificada a normalidade dos dados, foram calculados os indicadores do processo, sendo analisados os índices de capacidade e performance, e a probabilidade de se obter produtos foras da especificação.

Os valores para os índices de performance encontrados foram apresentados na Tabela 7. Sendo que de acordo com o Quadro 1, que apresenta a classificação de Rossi e Mirtchev (2016a), o índice de performance apresenta uma expectativa de aparecerem mais de 2700 defeitos por milhão de peças, já que seu índice OOK possui valor inferior a 1.

**Tabela 7. Índices de performance do processo para característica de peso no lado B.**

Índices	Índices de Performance (Variabilidade Total)
PP	1,1844
PPI	1,3983
PPS	0,9706
PPK	0,9706

Fonte: Autoria Própria

A seguir foi calculado o índice de capacidade do processo, que compara as especificações com a variabilidade, vinda de causas comuns do processo. Nela pode-se observar que o índice de capacidade CP tem valor inferior a 1,67, e seu índice Cpk inferior a 1,33, que o é valor mínimo de meta adotado pela maioria das empresas de acordo com recomendações de Juran e Gryna (1980).

Realizando uma classificação com base no Quadro 1 descrito por Rossi e Mirtchev (2016a) pode-se dizer que a capacidade real do processo (Cp) foi boa e que a capacidade potencial do processo (Cpk) foi justa, sendo que a capacidade do processo em obedecer ao limite inferior de especificação foi boa enquanto que em relação ao limite superior foi justa (Tabela 8).

**Tabela 8. Índices de capacidade do processo para característica de peso no lado B.**

<b>Índices</b>	<b>Índices de Capacidade (Variabilidade Inerente)</b>
CP	1,3164
CPI	1,5541
CPS	1,0787
CPK	1,0787

Fonte: Autoria Própria

A proximidade entre os valores de Cp e Pp caracteriza um processo que está sendo operado de forma consistente ao longo do tempo. Quando esses dois índices diferem de maneira substancial, você pode ter certeza de que o processo está sendo operado de forma imprevisível (HARBOR, 2017).

Por fim foi calculada a quantidade observada e esperada de produtos fora de especificação, expressa em partes por milhão (PPM). A Tabela 9 apresenta os resultados encontrados.

**Tabela 9. Índices de produtos produzidos fora do padrão para característica de peso no lado A.**

<b>Indicadores</b>	<b>Índices Observados</b>	<b>Índices Esperados (Variabilidade Total)</b>	<b>Índices Esperados (Variabilidade Inerente)</b>
PPM < LIE	0	13,6505	1,5645
PPM > LSE	5555,5556	1797,0862	605,8924
PPM Total	5555,5556	1810,7366	607,4569

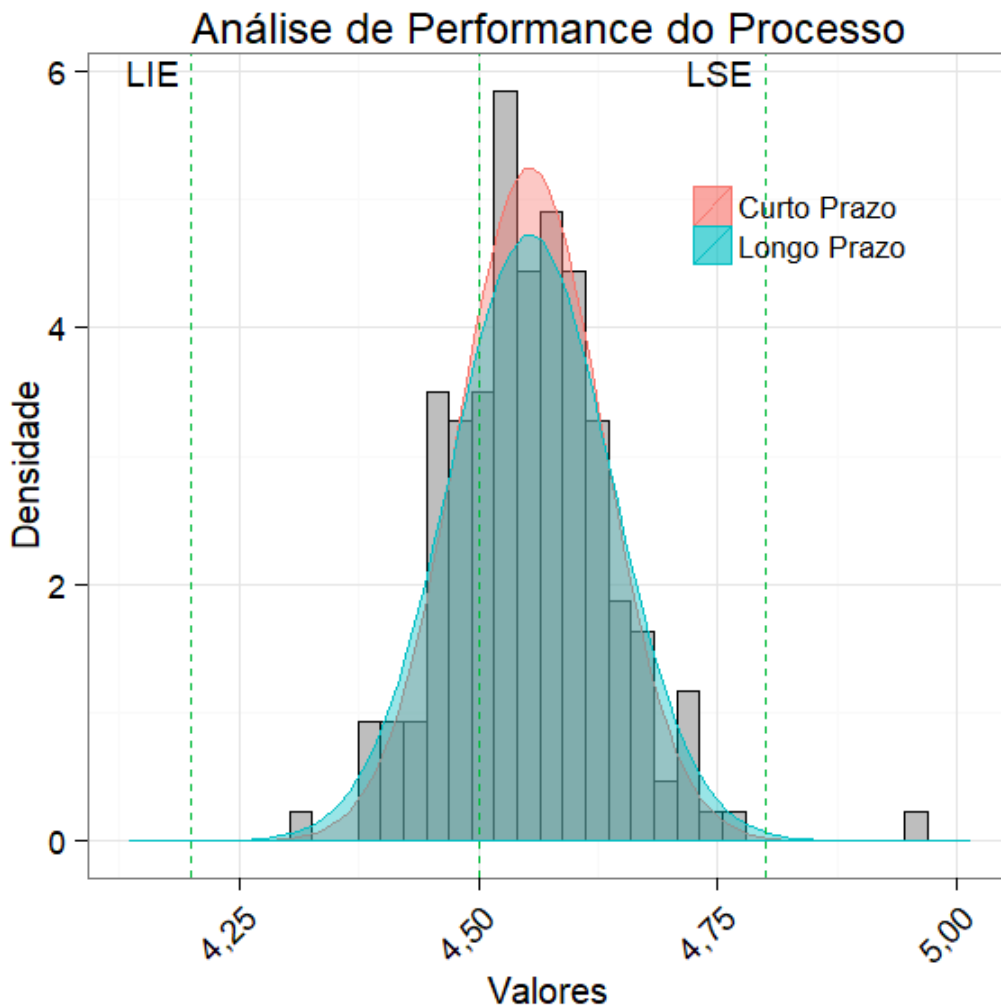
Fonte: Autoria Própria

Djekic et al., (2014), explicam que as medidas de capacidade do processo são usadas para fornecer previsões do número de produtos não-conformes, e por vezes é denominado de “rendimento do processo”.

A partir dos resultados, concluiu-se que o processo apresentou produtos fora da especificação, acima do limite superior de especificação, sendo que 0,556 % das peças observadas apresentam anomalias a cada um milhão de produtos produzidos,

e espera-se uma variabilidade no processo, apresentando itens defeituosos em um intervalo entre 607 e 1811 produtos defeituosos, a cada milhão produzidos.

Para uma melhor visualização da performance do processo foi criado um histograma da distribuição dos dados em comparação com as especificações, o mesmo pode ser observado abaixo na Figura 13.

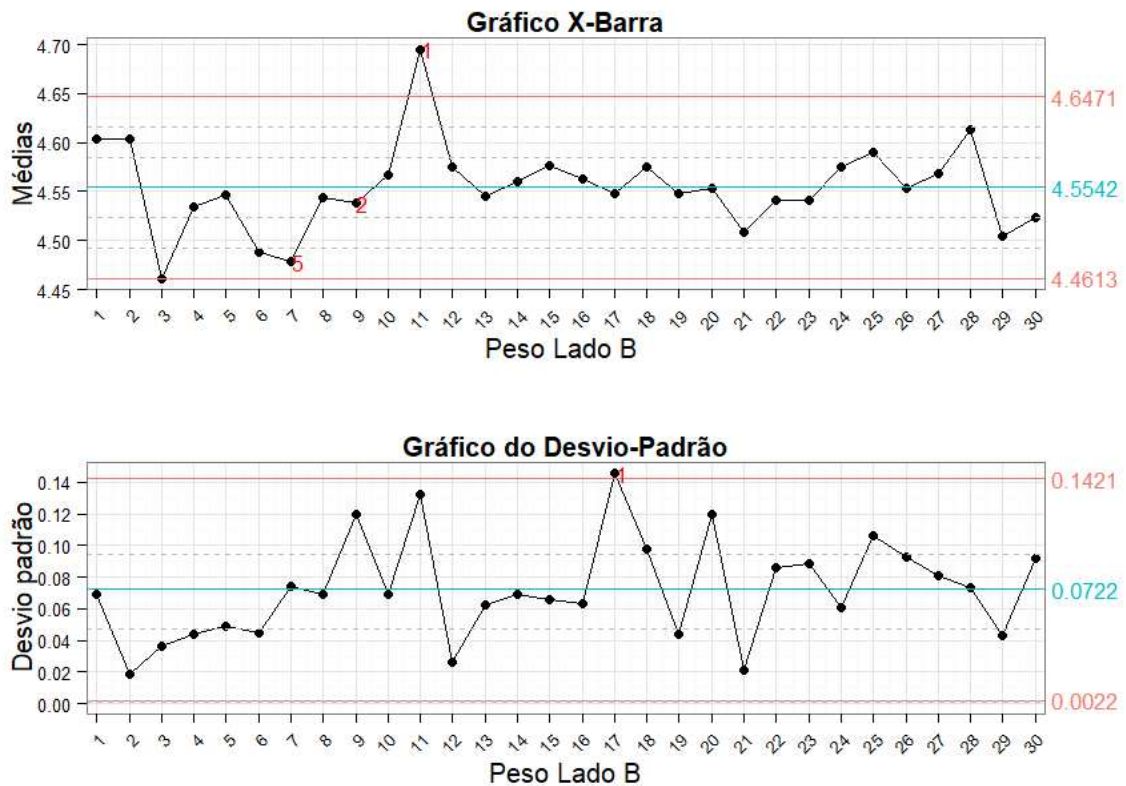


**Figura 13. Histograma da análise de performance do processo para característica de peso no lado B.**

Fonte: Autoria Própria.

Apesar do fato de os índices de capacidade estarem abaixo da meta, estes estão próximos, o que mostra centralização do processo, indicando que sua média está próxima ao alvo. Tal proximidade também indicou que o processo foi estável e previsível. Os valores dos índices indicaram que o processo no momento da coleta dos dados estava produzindo muitos itens fora de especificação, e possuía uma variação maior do que a permitida pelas especificações.

Por fim foi avaliada a estabilidade do processo, para tal foram criados gráficos de controle presentes na Figura 14.



**Figura 14. Gráficos de controle para característica de peso no lado A.**  
**Fonte: Autoria Própria**

Analisando-se a Figura 14, percebeu-se que o processo se mostrou relativamente estável, com algumas variações, apresentando apenas um ponto acima do limite de 3 desvios estabelecidos para avaliar a estabilidade do processo (regra i). Além desta, os gráficos de controle indicaram que o processo infringiu a regra (ii) possuindo seis ou mais pontos em sequência, crescentes ou decrescentes, e a regra (v) com dois de três pontos consecutivos maiores que um desvio padrão a partir da linha central.

Como as causas especiais foram bem reduzidas nesse conjunto de dados, percebe-se que ele pode ser utilizado como uma avaliação da realidade do processo e os índices de capacidade e performance do processo podem ser utilizados com maior probabilidade de acerto em seus percentuais.

## 5.2.2 Altura ALT-T

Dando sequência a análise das características do frasco, foi realizada a análise da característica de Altura “ALT-T” em ambos os lados da máquina.

### 5.2.2.1 Análise da característica ALT-T no Lado A

A forma de análise desta característica, se deu da mesma maneira da anterior. Inicialmente, foi testada a normalidade dos dados, o p-valor associado foi considerado desprezível, como pode ser observado na Tabela 10, portanto esta foi rejeitada.

**Tabela 10. Teste de normalidade dos dados para característica ALT-T no lado A.**

Teste	Estatísticas	P-valores
Anderson - Darling	3,4015	0
Kolmogorov - Smirnov	0,1282	0
Shapiro - Wilk	0,9519	0

Fonte: Autoria Própria

A seguir foram feitos os testes para transformações, as transformações de Box-Cox e de Johnson foram rejeitadas, pois não foi possível normalizar os dados com estas.

Foi então realizada a verificação da utilização de uma análise com distribuições não normal, porém esta também foi rejeitada por possuir um p-valor muito baixo.

Tendo sido rejeitadas todas as opções de distribuições, utilizou-se do método não paramétrico do núcleo para a análise.

A partir desta análise, foram obtidos os valores presentes na tabela 11.

**Tabela 11. Teste do método não paramétrico do núcleo para característica ALT-T no lado A.**

Teste	Método	Estatística	P-valor
Cramér-von Mises	gaussian	0,0254	0,9081
Kolmogorov-Smirnov	gaussian	0,0833	0,5596

Fonte: Autoria Própria



Foram então calculados os indicadores do processo. Os índices de performance encontrados se encontram na Tabela 12, a partir dos valores obtidos, e relacionando-os com o Quadro 1, espera-se que ocorram cerca de 2700 defeitos por milhão unidades fabricadas.

**Tabela 12. Índices de performance do processo para característica ALT-T no lado A.**

Índice	Índices de Performance
PP	1,1043
PPI	1,1293
PPS	1,0884
PPk	1,0884

Fonte: Aatoria Própria

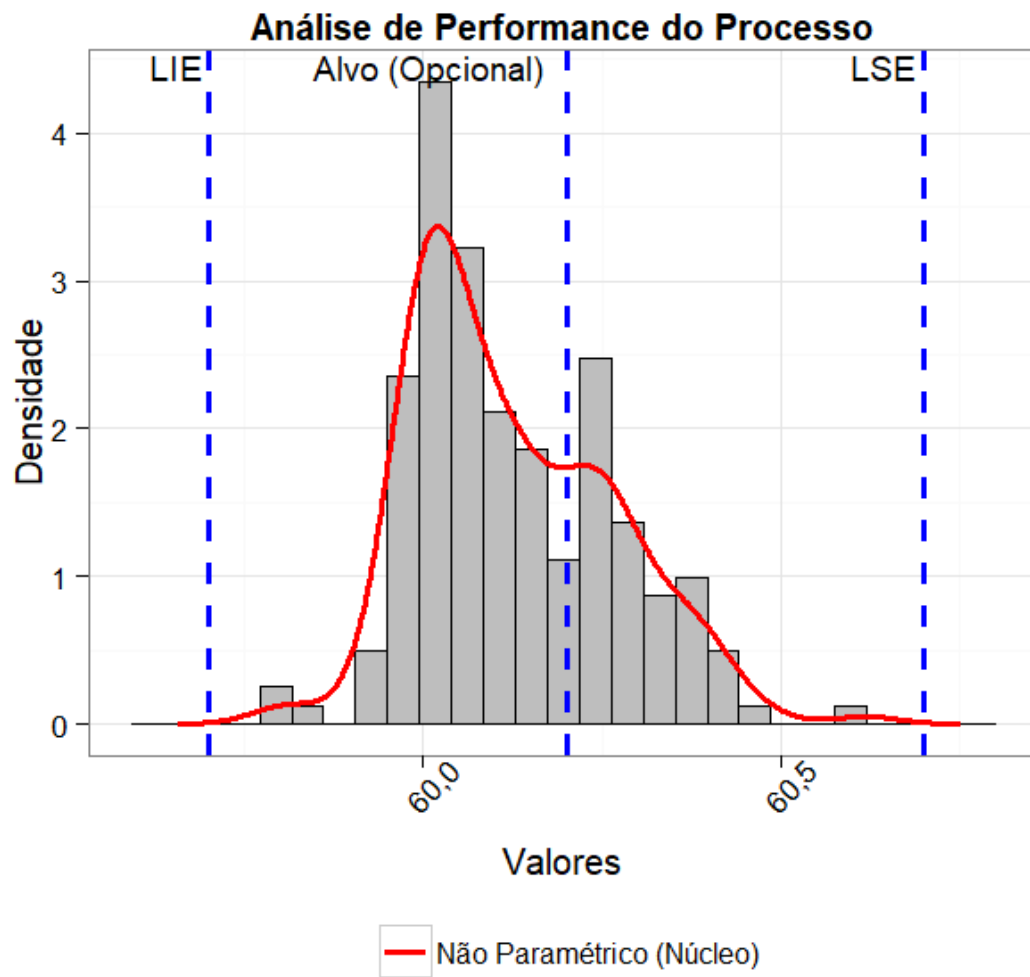
Foram também obtidos os índices observados e esperados da quantidade de produtos fora do padrão. Os dados obtidos encontram-se na Tabela 13, e mostraram que não foram observadas peças fora das especificações, e espera-se com base nos dados analisados que cerca de apenas 354 peças por milhão saiam fora dos padrões, uma quantidade considerada baixa.

**Tabela 13. Índices de produtos produzidos fora do padrão para característica ALT-T no lado A.**

Indicador	Índices Observados	Índices Esperados
PPM > LSE	0	198,5009
PPM < LIE	0	156,0016
PPM Total	0	354,5024

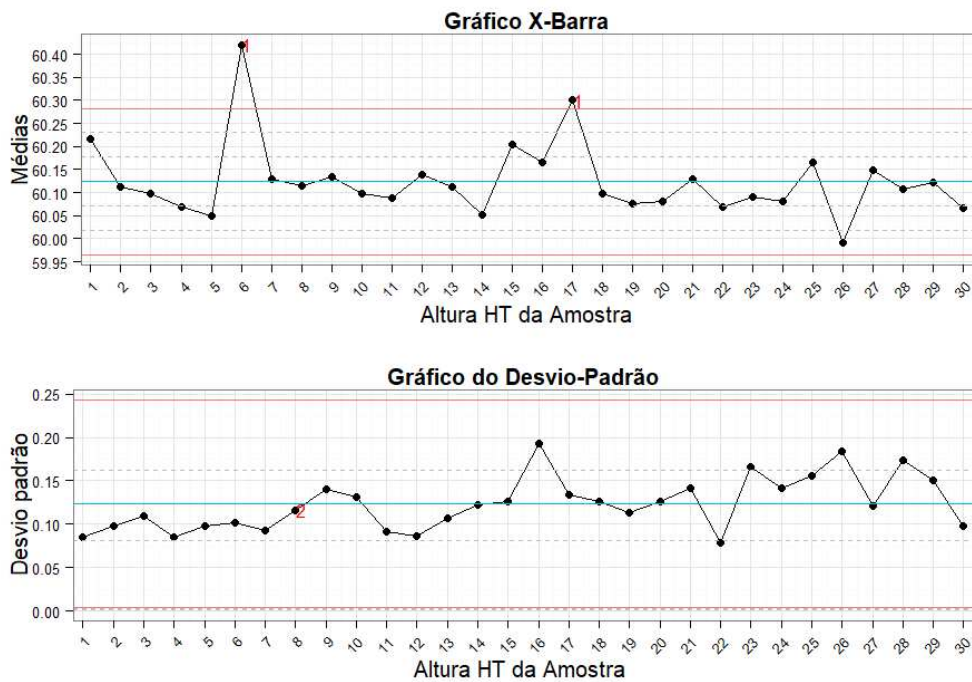
Fonte: Aatoria Própria

Para uma melhor visualização da performance do processo, foi criado o histograma (Figura 15). Neste pode-se observar que o processo se encontra com a maioria das peças sendo produzidas um pouco baixo do alvo desejado, porém ainda dentro dos padrões estabelecidos.



**Figura 15. Histograma da análise de performance do processo para característica ALT-T no lado A.**  
**Fonte: Autoria Própria**

Por fim foram criados os gráficos de controle, para que fosse feita uma avaliação da estabilidade do processo. Os gráficos de média e desvio-padrão encontram-se na Figura 16.



**Figura 16. Gráficos de controle para característica ALT-T no lado A.**  
**Fonte: Autoria Própria**

Analisando-se os gráficos, percebe-se que este apresenta pontos fora dos limites de controle, se enquadrando na regra (i) testada pelo software Action Stat®, bem como infringindo a regra (ii) apresentando sete ou mais pontos em sequência no mesmo lado da linha.

O gráfico de desvio padrão mostrou pontos variando, porém dentro dos limites estabelecidos. Assim o processo se mostrou estável, porém com algumas discrepâncias, este deveria ser monitorado para que as causas dos itens fora de padrão fossem observadas.

#### 5.2.2.2 Análise da característica ALT-T no Lado B

Foi então feita a análise da mesma característica de altura, no lado B da máquina. Inicialmente foi feito o teste de normalidade dos dados, este foi rejeitado devido ao baixo valor do p-valor associado. Foram então feitas tentativas de ajustes por transformação dos dados para sua normalização. A transformação de Box-Cox

não foi possível, portanto foi rejeitada, então testou-se a transformação de Johnson.

Esta foi aceita, já que mostrou uma boa normalização dos dados, tendo um p-valor associado ao nível de significância de 5%. Os valores encontrados na transformação encontram-se na Tabela 14.

**Tabela 14. Teste da transformação de Johnson para característica ALT-T no lado B.**

Teste	teste
Gamma	-0,4266
Lambda	0,1501
Epsilon	60,2782
Eta	1,3446
Família	SU
P-Valor (Anderson-Darling)	0,0552

Fonte: Autoria Própria

Calculou-se então os indicadores do processo. Os índices de performance do processo, mostram que se pode observar mais de 2700 defeitos por milhão unidades fabricadas, de acordo com os dados presentes na Tabela 15, em relação a classificação dos indicadores apresentada no Quadro 1, já que este tem seu valor de PPK inferior a 1.

**Tabela 15. Índices de performance do processo para característica ALT-T no lado B.**

Índice	Índices de Performance (Variabilidade Total)
PP	0,8889
PPI	1,1042
PPS	0,6735
PPK	0,6735

Fonte: Autoria Própria

Os índices de performance calculados também mostram valores baixos, indicando uma alta quantidade de peças fora dos padrões. Estes podem ser observados na Tabela 16.

**Tabela 16. Índices de capacidade do processo para característica ALT-T no lado B.**

Índice	Índices de Capacidade (Variabilidade Inerente)
CP	1,1519
CPI	1,431
CPS	0,8729
CPK	0,8729

Fonte: Autoria Própria

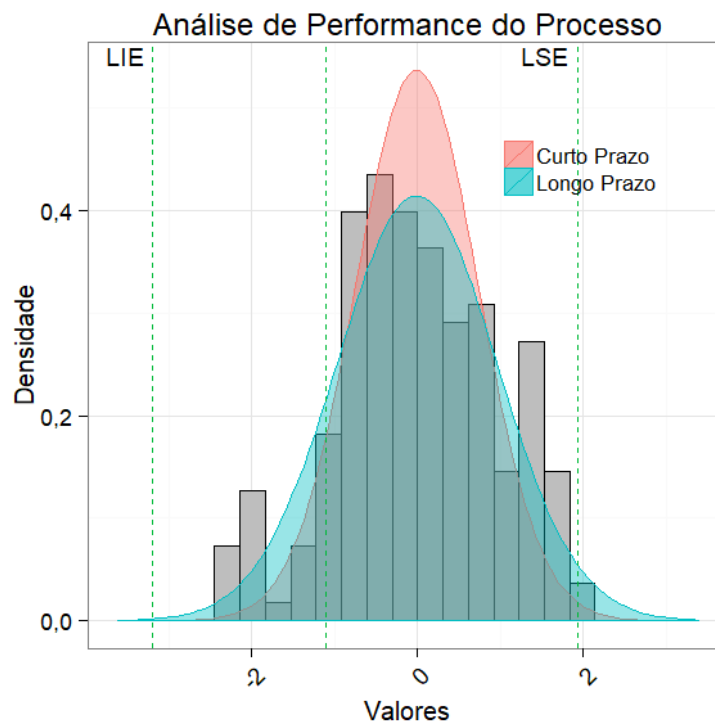
Os índices observados e esperados de peças fora do padrão encontram-se na Tabela 17, pôde-se observar que não foram observadas peças fora do padrão, porém com base nos resultados calculados a partir dos dados coletados, espera-se que até 2,21 % das peças saiam fora dos padrões de acordo com os índices esperados de variabilidade total do processo.

**Tabela 17. Índices de produtos produzidos fora do padrão para característica ALT-T no lado B.**

Indicadores	Índices Observados	Índices Esperados (Variabilidade Total)	Índices Esperados (Variabilidade Inerente)
PPM < LIE	0	462,091	8,8103
PPM > LSE	0	21661,6361	4414,4411
PPM Total	0	22123,727	4423,2514

Fonte: Aatoria Própria.

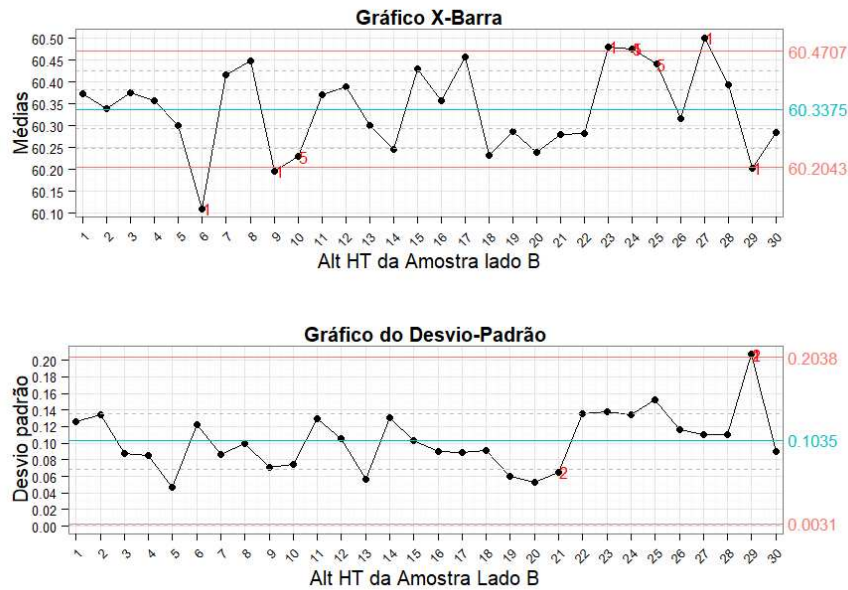
Foi então realizada a construção do histograma para uma melhor análise (Fifura 17). Observou-se que a grande maioria das peças se encontrava dentro dos limites estabelecidos, com apenas algumas acima dos padrões.



**Figura 17. Histograma da análise de performance do processo para característica ALT-T no lado B.**

Fonte: Aatoria Própria

Por fim foram criados os gráficos de controle para avaliação da estabilidade do processo (Figura 18).



**Figura 18. Gráficos de controle para característica ALT-T no lado B.**  
**Fonte: Autoria Própria**

Neste pode-se observar que o processo não se apresentava estável já que não esteve de acordo com as regras (i) apresenta itens fora dos limites de controle, (ii) sete ou mais pontos em sequência no mesmo lado da linha e também (v) apresenta dois de três pontos consecutivos maiores que dois desvios da linha central. Para melhor entendimento da instabilidade do processo, é sugerido que sejam analisadas as possíveis causas que podem levar o processo a não ser estável.

### 5.2.3 Altura ALT-H

#### 5.2.3.1 Análise da característica ALT-H no lado A

Dando-se continuidade as análises das características, analisou-se a altura ALT-H, inicialmente foi feito o teste de normalidade dos dados, o teste foi rejeitado por possuir um p-valor muito baixo.

Foram então testadas as transformações de Box-Cox, e Johnson para normalização dos dados, com ambas não foi possível a normalização e, portanto, foram rejeitadas.

Foi então realizada uma verificação da possibilidade de utilizar-se análise com distribuição não normal, esta também apresentou valores de p-valor considerados baixos em suas distribuições, portanto utilizou-se o método não paramétrico do núcleo para as análises, este mostrou bons valores para os testes de qualidade do ajuste, segue, na Tabela 18, os dados obtidos.

**Tabela 18. Teste do método não paramétrico do núcleo para característica ALT-H no lado A.**

Teste	Método	Estatística	P-valor
Cramér-von Mises	gaussian	0,0112	0,994
Kolmogorov-Smirnov	gaussian	0,0444	0,9942

Fonte: Aatoria Própria

Após os ajustes com os dados, foram então realizados os cálculos dos indicadores do processo. Os índices de performance do processo indicaram que se o processo continuar da mesma forma que os dados coletados, mais de 2700 peças saiam fora dos padrões a cada 1 milhão de unidades produzidas, já que seu índice PPK tem valor inferior a 1, em relação ao Quadro 1. Os dados obtidos para este se encontram na Tabela 19.

**Tabela 19. Índices de performance do processo para característica ALT-H no lado A.**

Índices	Índices de Performance
PP	1,4875
PPI	0,7366
PPS	2,1592
PPk	0,7366

Fonte: Aatoria Própria

Os índices esperados e observados da quantidade de produtos fora de especificação podem ser encontrados na Tabela 20. Nesta, pode-se observar que um número relativamente alto de peças, acabavam saindo fora dos padrões, foram observadas cerca de 1,11 % de peças produzidas fora das especificações e espera-se que este número possa chegar a 2,34 % de peças defeituosas por milhão de unidades produzidas, caso o processo continue dentro das mesmas especificações obtidas na amostragem.

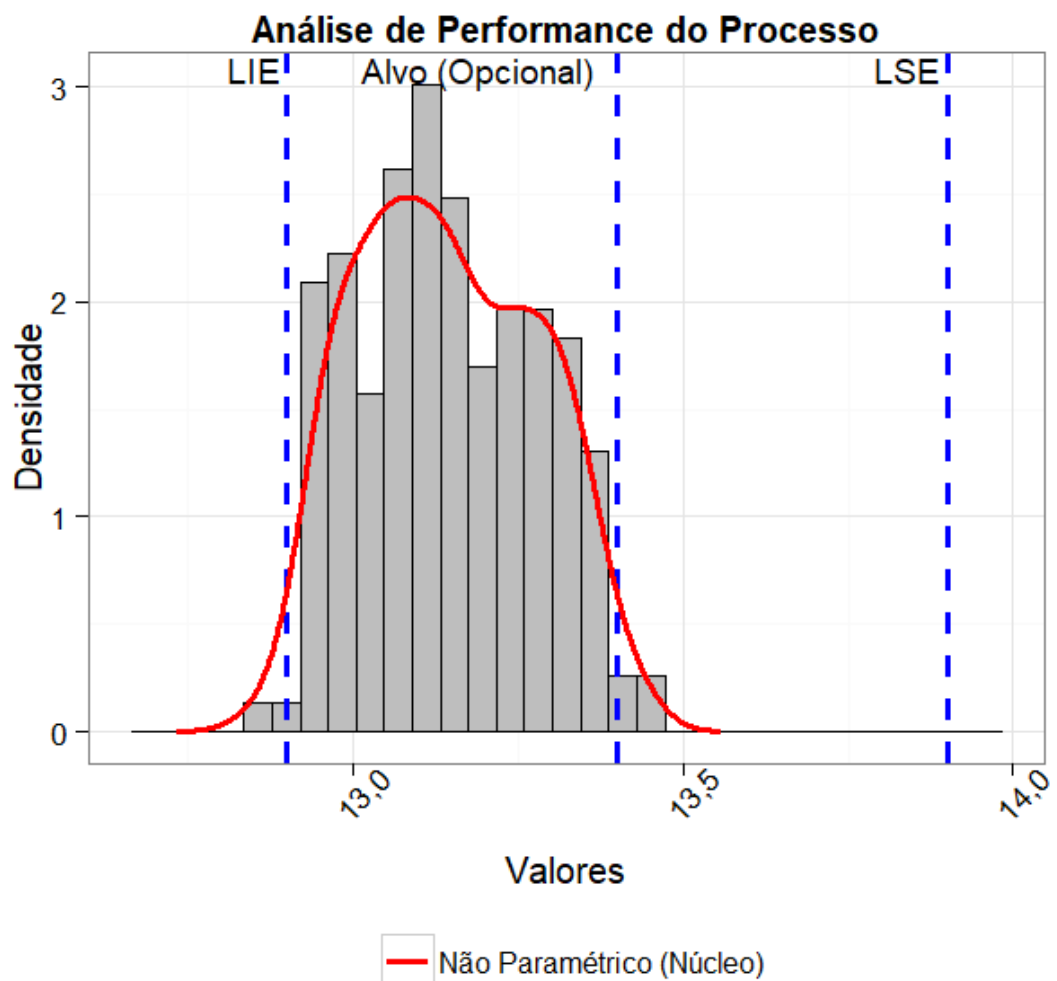
**Tabela 20. Índices de produtos produzidos fora do padrão para característica ALT-H no lado A.**

Indicadores	Índices Observados	Índices Esperados
PPM > LSE	0	0
PPM < LIE	11111,1111	23345,9155
PPM Total	11111,1111	23345,9155

Fonte: Aatoria Própria

Na Figura 19 observa-se o histograma construído para melhor visualização da performance do processo.

A partir dele, pode-se concluir que a maioria das peças estão sendo produzidas dentro dos padrões, com algumas sendo produzidas abaixo do limite inferior deste, percebe-se também que a maioria das peças estão sendo produzidas com valores abaixo do alvo esperado.



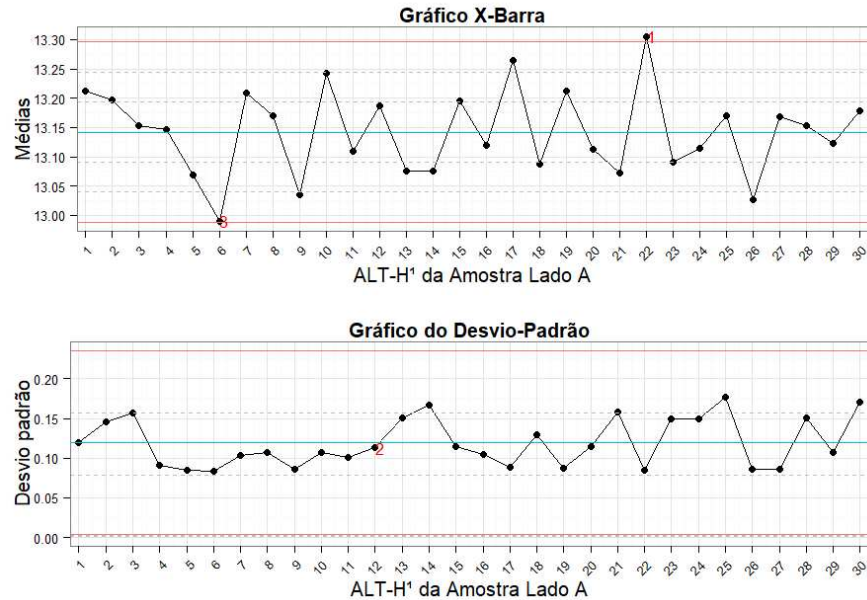
**Figura 19.** Histograma da análise de performance do processo para característica ALT-H no lado A.

Fonte: Autoria Própria

Para que fosse analisada a estabilidade do processo foram criados gráficos de controle, estes encontram-se na Figura 20 e a partir deste, conclui-se que o processo não se mostrou estável, já que apresentou pontos fora dos limites estabelecidos, infringindo a regra (i) testada pelo software Action Stat®, e também as



regras (ii) e (iii), apresentando pontos em seqüência no mesmo lado da linha, e pontos em seqüência todos crescentes ou decrescentes.



**Figura 20. Gráficos de controle para característica ALT-H no lado A.**  
**Fonte: Autoria Própria**

### 5.2.3.2 Análise da característica ALT-H no lado B.

A seguir foi analisada a mesma característica nas peças produzidas pelo lado B da máquina. foi feito o teste de normalidade dos dados, o teste foi rejeitado por possuir um p-valor muito baixo.

Foi então testada a transformação de Box-Cox onde não foi possível a normalização e, portanto, foi rejeitada. Após esta foi utilizada a transformação de Johnson para normalização dos dados, esta mostrou um valor do p-valor associado satisfatório e, portanto, foi aceita para a normalização dos dados. Os dados obtidos por esta transformação podem ser encontrados na Tabela 21.

**Tabela 21. Teste da transformação de Johnson para característica ALT-H no lado B.**

Testes	teste
Gamma	-1,0286
Lambda	0,0647
Epsilon	12,9287
Eta	1,1094
Família	SU
P-Valor (Anderson-Darling)	0,1979

Fonte: Aatoria Própria

A seguir foram calculados os indicadores do processo. Os índices de performance do processo indicaram valores não satisfatórios para sua performance, com seu PPK tendo valor de 0,47, indicando que mais de 2700 peças, saiam fora das especificações, de acordo com o Quadro 1. Os valores obtidos dos índices de performance encontram-se na Tabela 22.

**Tabela 22. Índices de performance do processo para característica ALT-H no lado B.**

Índices	Índices de Performance (Variabilidade Total)
PP	0,6683
PPI	0,4715
PPS	0,8651
PPK	0,4715

Fonte: Aatoria Própria

Os índices de capacidade do processo, indicam que este se mostrou incapaz, já que seu valor de CPK foi de 0,57, indicando uma capacidade insatisfatória do processo de acordo com o Quadro 1. Seus valores podem ser encontrados na Tabela 23.

**Tabela 23. Índices de capacidade do processo para característica ALT-H no lado B.**

Índices	Índices de Capacidade (Variabilidade Inerente)
CP	0,8082
CPI	0,5702
CPS	1,0461
CPK	0,5702

Fonte: Aatoria Própria

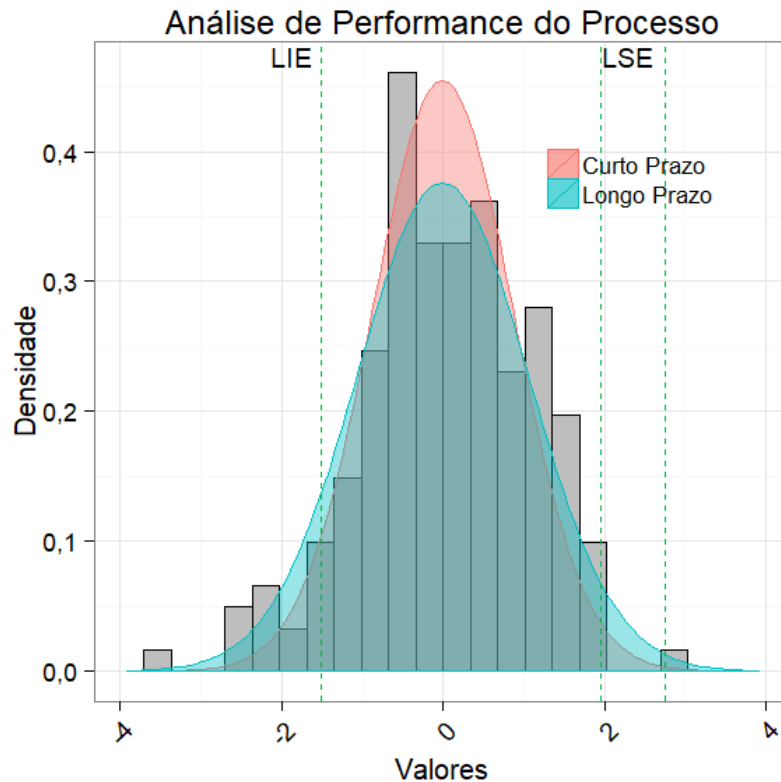
Foram então calculados os índices esperados e observados de peças produzidas fora das especificações, estes apresentaram valores altos, sendo que atualmente são observadas 94445 peças defeituosas a cada milhão de unidades produzidas, espera-se que estes valores sejam de 83330 peças a longo prazo e de 44429 unidades a um curto prazo. Os dados obtidos encontram-se na Tabela 24.

**Tabela 24. Índices de produtos produzidos fora do padrão para característica ALT-H no lado B.**

Indicadores	Índices Observados	Índices Esperados (Variabilidade Total)	Índices Esperados (Variabilidade Inerente)
PPM < LIE	88888,8889	78603,6709	43579,5979
PPM > LSE	5555,5556	4726,238	849,3464
PPM Total	94444,4444	83329,9089	44428,9443

Fonte: Aatoria Própria

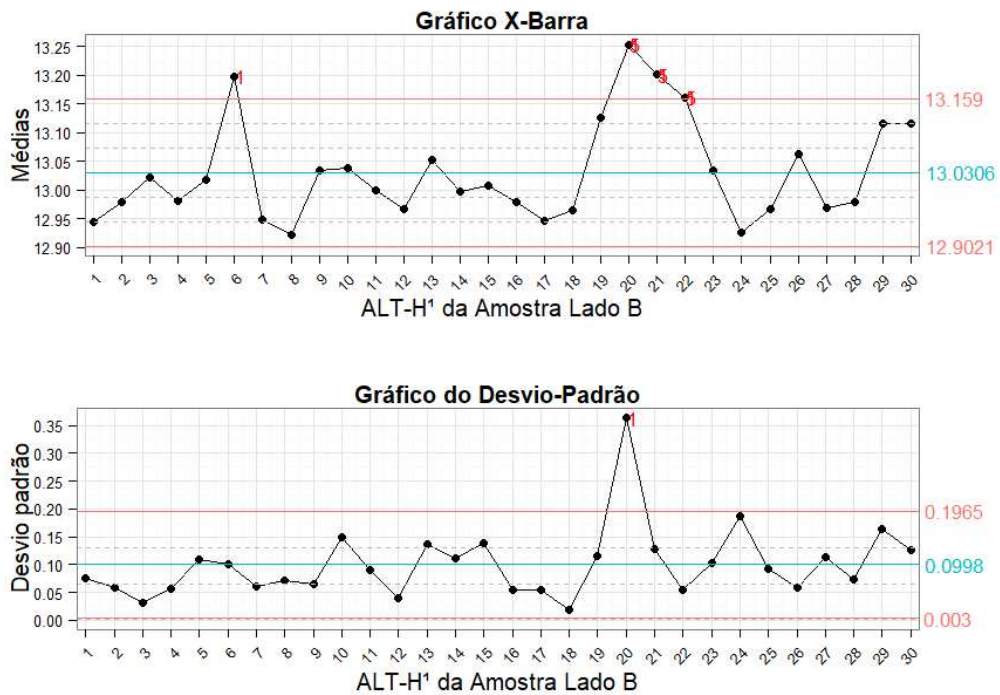
O histograma da performance do processo, indicou que existe uma quantidade considerável de peças sendo produzidas abaixo dos limites estabelecidos e algumas acima do limite superior também. Estes podem ser observados na Figura 21.



**Figura 21. Histograma da análise de performance do processo para característica ALT-H no lado B.**

Fonte: Aatoria Própria

Por fim foi analisada a estabilidade do processo, para tal foram construídos os gráficos de médias e desvio padrão do processo, nestes pôde-se observar pontos acima dos limites estabelecidos, portanto o processo se mostrou não estável, e com variações. Os gráficos de controle construídos encontram-se na Figura 22.



**Figura 22. Gráficos de controle para característica ALT-H no lado B.**  
**Fonte: Autoria Própria**

Com relação às regras testadas pelo software Action Stat®, os gráficos de controle nos indicam que o processo infringe duas delas, sendo estas as regras (i) um ponto fora dos limites de controle, e (v) dois de três pontos consecutivos maiores do que dois desvios na linha central, indicando que existem mudanças no processo.

## 5.2.4 Diâmetro ØI

### 5.2.4.1 Análise da característica ØI no lado A.

Dando continuidade as análises, foi feita a análise da característica ØI. Para que se desse início às análises dos dados das amostras coletadas no lado A da máquina, inicialmente foi verificada a normalidade dos dados.

A partir do teste de normalidade, verificou-se que o p-valor associado à estatística de Anderson-Darling foi de 0,0035, portanto ao nível de significância de 5%

rejeitamos a hipótese de normalidade. Dado que foi rejeitado a hipótese de normalidade, foi tentado o ajuste por uma transformação de dados.

Foram utilizadas as transformações de Box-Cox e Johnson, porém ambas foram rejeitadas por ser possível normalizar os dados por estas. O passo seguinte foi verificar a possibilidade de utilizar distribuições não normais para o cálculo dos índices. Neste item verificou-se que nenhuma das distribuições consideradas puderam ser utilizadas para a distribuição dos dados, portanto, precisou-se utilizar o método não paramétrico do núcleo para a análise dos dados.

Os dados do teste para qualidade do ajuste, pelo método não paramétrico podem ser encontrados abaixo na tabela 25.

**Tabela 25. Teste do método não paramétrico do núcleo para característica de diâmetro ØI no lado A.**

Teste	Método	Estatística	P-valor
Cramér-von Mises	gaussian	0,0108	0,985
Kolmogorov-Smirnov	gaussian	0,0556	0,944

Fonte: Aatoria Própria

Após o ajuste dos dados, foi então realizado o cálculo dos indicadores do processo. Os índices de performance do processo indicam que há uma expectativa de se observar mais de 0,27 % de itens defeituosos a cada milhão de unidades produzidas. Esta expectativa pode ser explicada de acordo com o Quadro 1, pelo fato de seu índice PPK ter valor inferior a 1. Os dados dos índices de performance calculados podem ser visualizados na Tabela 26.

**Tabela 26. Índices de performance do processo para característica de diâmetro ØI no lado A.**

Índices	Índices de Performance
PP	0,8433
PPI	0,8771
PPS	0,8067
PPk	0,8067

Fonte: Aatoria Própria

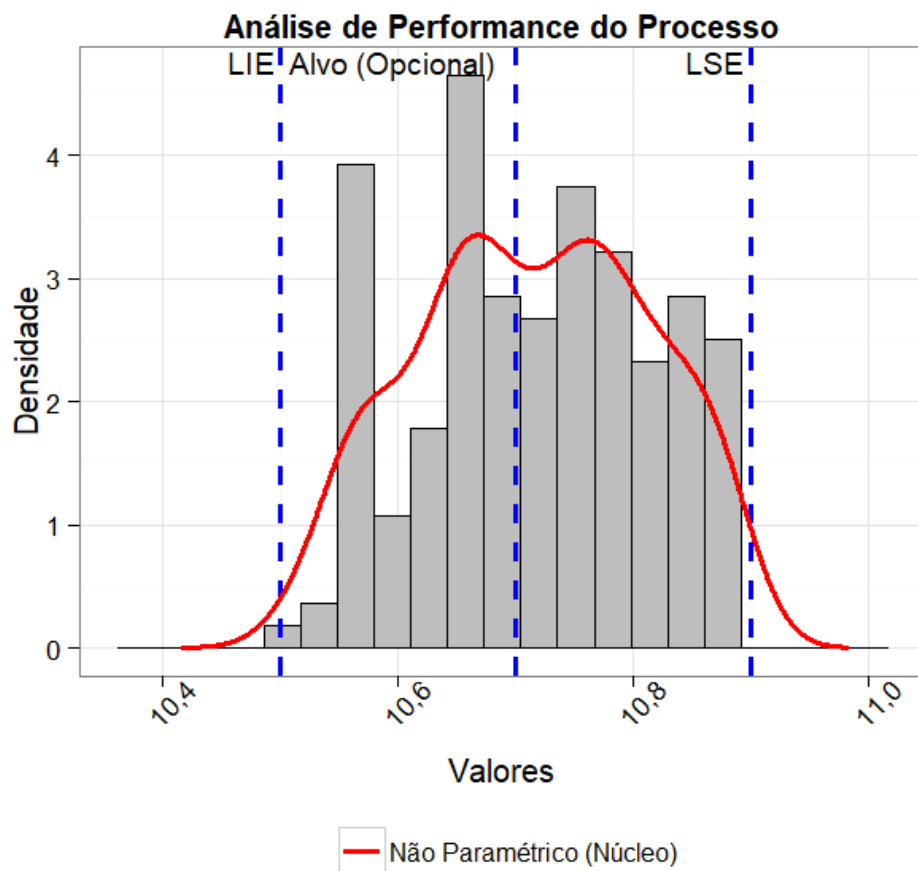
Com os dados amostrais, foi calculada a quantidade observada e esperada de produtos fora de especificação. Por meio deste, foi possível verificar que os índices observados são nulos, porém espera-se que um total de aproximadamente 29000 peças sejam produzidas fora dos padrões a cada um milhão de peças produzidas. Os índices encontrados podem ser observados na Tabela 27.

**Tabela 27. Índices de produtos produzidos fora do padrão para característica de diâmetro ØI no lado A.**

Indicadores	Índices Observados	Índices Esperados
PPM > LSE	0	21032,6721
PPM < LIE	0	7891,6083
PPM Total	0	28924,2804

Fonte: Autoria Própria

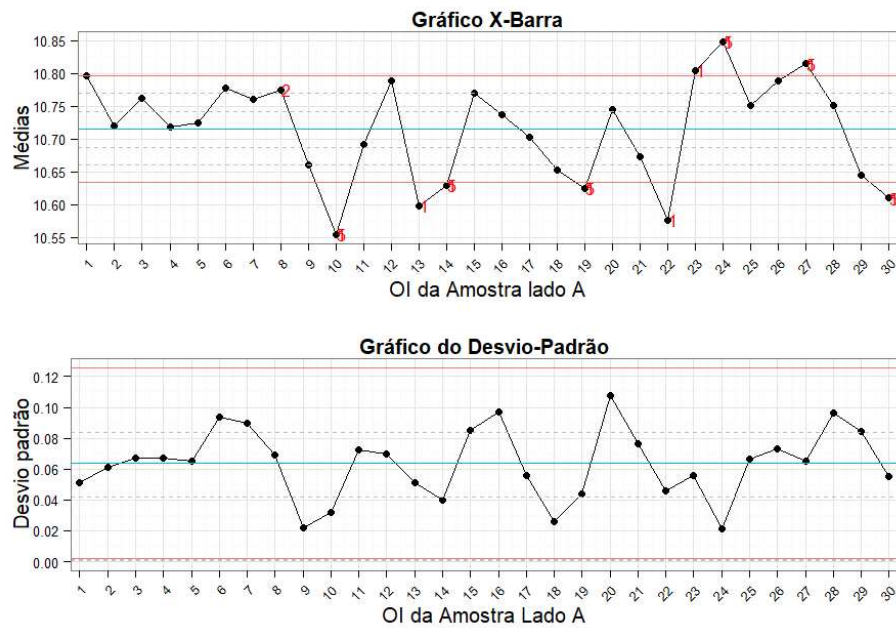
Para melhor visualização da performance do processo foi construído um histograma (Figura 23).



**Figura 23. Histograma da análise de performance do processo para característica de diâmetro ØI no lado A.**

Fonte: Autoria Própria

Por fim foi feita a análise da estabilidade do processo, para tal foram utilizados os gráficos de controle de média e desvio padrão do processo (Figura 24).



**Figura 24. Gráficos de controle para característica de diâmetro ØI no lado A.**  
**Fonte: Autoria Própria**

A partir dos gráficos, pode-se concluir que o processo se mostrou instável, já que infringiu as seguintes regras testadas pelo software Action Stat®: (i) um ponto fora dos limites de controle, (ii) sete ou mais pontos em sequência no mesmo lado da linha e (v) dois de três pontos consecutivos maiores que dois desvios na linha central.

#### 5.2.4.2 Análise da característica ØI no lado B

Foi então realizada a análise da mesma característica no lado B da máquina, para que se desse início às análises dos dados inicialmente foi verificada a normalidade dos dados.

A partir do teste de normalidade, verificou-se que o p-valor associado à estatística de Anderson-Darling foi de 0,0166, portanto ao nível de significância de 5 % rejeitamos a hipótese de normalidade. Dado que foi rejeitado a hipótese de normalidade, foi tentado o ajuste por uma transformação de dados.

Foram utilizadas as transformações de Box-Cox e Johnson, porém ambas foram rejeitadas por ser possível normalizar os dados por estas. O passo seguinte foi verificar a possibilidade de utilizar distribuições não normais para o cálculo dos índices.

Neste item verificou-se que nenhuma das distribuições consideradas puderam ser utilizadas para a distribuição dos dados, portanto, precisou-se utilizar o método não paramétrico do núcleo para a análise dos dados.

Os dados do teste para qualidade do ajuste, pelo método não paramétrico podem ser encontrados na Tabela 28.

**Tabela 28. Teste do método não paramétrico do núcleo para característica de diâmetro ØI no lado B.**

Testes	Método	Estatística	P-valor
Cramér-von Mises	gaussian	0,0108	0,977
Kolmogorov-Smirnov	gaussian	0,05	0,978

Fonte: Autoria Própria

Após os ajustes dos dados, foram calculados os indicadores do processo. Os índices de performance indicaram que de acordo com Kent (2016), o processo certamente irá produzir peças foras dos padrões, na parte superior ou inferior da faixa de tolerância, podendo também ser em ambas simultaneamente, já que seu índice Ppk tem valor inferior a 1. Os dados encontrados para os índices de performance encontram-se na Tabela 29.

**Tabela 29. Índices de performance do processo para característica de diâmetro ØI no lado B.**

Índices	Índices de Performance
PP	0,8399
PPI	0,8467
PPS	0,8322
PPk	0,8322

Fonte: Autoria Própria

Foram também calculados os índices observados e esperados de peças produzidas fora do padrão por milhão de unidades produzidas. Os valores encontrados podem ser observados na Tabela 30. Estes indicam que não foram observadas no momento do levantamento dos dados peças foras do padrão, porém, espera-se que cerca de 25478 itens sejam produzidos com defeito a cada milhão fabricados caso o processo continue sem alterações.

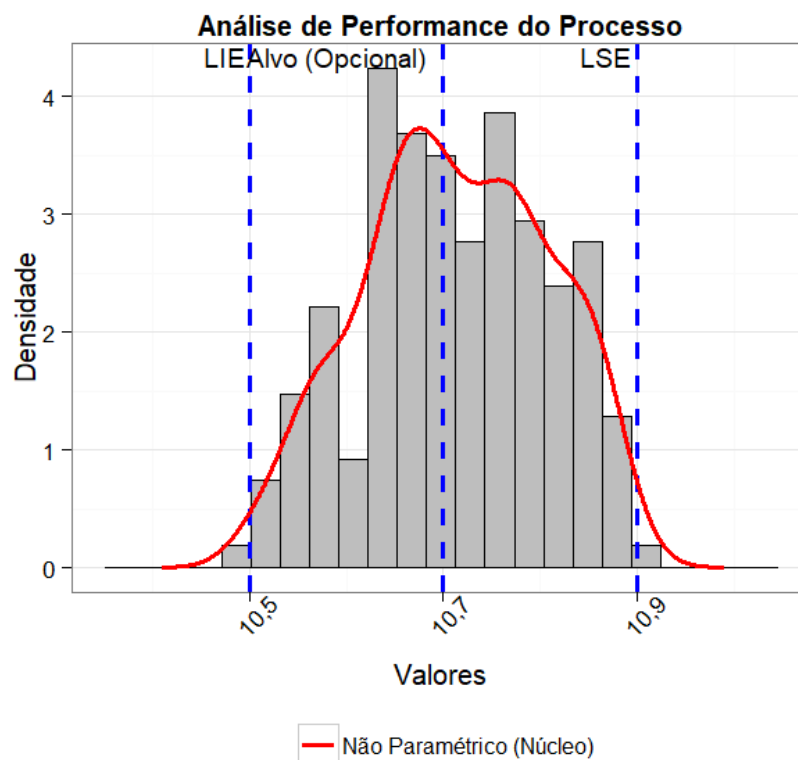


**Tabela 30. Índices de produtos produzidos fora do padrão para característica de diâmetro ØI no lado B.**

Indicadores	Índices Observados	Índices Esperados
PPM > LSE	0	14521,2118
PPM < LIE	0	10956,0741
PPM Total	0	25477,2859

Fonte: Autoria Própria

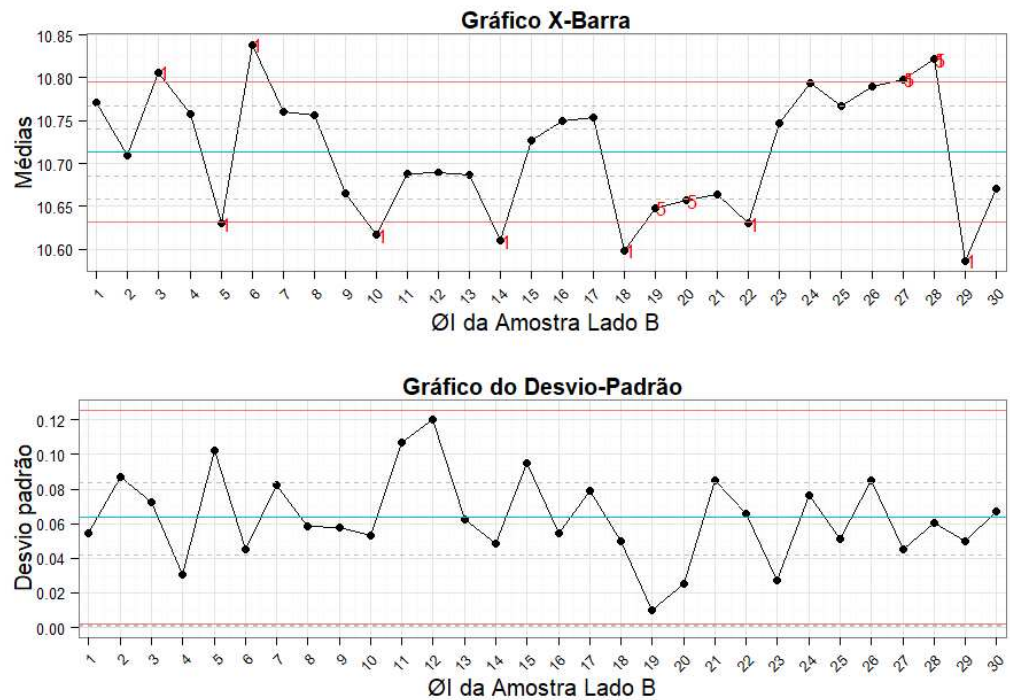
O histograma da análise de performance do processo se encontra na Figura 25, neste, pode-se observar que existem peças sendo produzidas acima e abaixo dos limites estabelecidos.



**Figura 25. Histograma da análise de performance do processo para característica de diâmetro ØI no lado B.**

Fonte: Autoria Própria

Para verificar se o processo se mostrava estável, foram construídos os gráficos de controle do processo. Estes encontram-se na Figura 26, e a partir deles pode-se concluir que o processo se mostrou instável, já que infringia as regras (i) e (v) testadas pelo software Action Stat®, indicando pontos fora dos limites de controle e dois de três pontos consecutivos maiores que dois desvios da linha central.



**Figura 26. Gráficos de controle para característica de diâmetro ØI no lado B.**  
**Fonte: Autoria Própria**

## 5.2.5 Diâmetro ØT

### 5.2.5.1 Análise da característica ØT no lado A

Para a análise do diâmetro ØT, inicialmente foi feito o teste de normalidade dos dados, o p-valor associado à estatística de Anderson-Darling foi desprezível, portanto ao nível de significância de 5% rejeitou-se a hipótese de normalidade.

Foi então feita a tentativa de ajuste pela transformação de Box-Cox, não foi possível normalizar os dados através desta e, portanto, rejeitou-se a mesma.

A seguir, foi realizado o teste pela transformação de Johnson, através do teste de normalidade de Anderson-Darling aplicado aos dados transformados foi obtido um p-valor de 0,0658 indicando que ao nível de significância de 5 % a transformação de Johnson normaliza a distribuição do qual provém os dados. Portanto, realizamos os estudos da análise de capacidade e performance do processo assumindo distribuição normal com os dados transformados. Os dados obtidos do teste de transformação podem ser encontrados na Tabela 31.

**Tabela 31. Teste da transformação de Johnson para característica ØT no lado A.**

Teste	teste
Gamma	-1,8761
Lambda	0,6494
Epsilon	17,6705
Eta	1,5625
Família	SB
P-Valor (Anderson-Darling)	0,0658

Fonte: Autoria Própria

A seguir, foram calculados indicadores do processo. Os índices de performance do processo, indicam que de acordo com Kent (2004), este certamente irá produzir itens foras dos padrões, já que possui seu Pp inferior a 1, além deste, existe uma expectativa que mais de 2700 itens apresentem defeito a cada um milhão de unidades produzidas, de acordo com o Quadro 1. Os dados encontrados para os índices de performance encontram-se na Tabela 32.

**Tabela 32. Índices de performance do processo para característica de diâmetro ØT no lado A.**

Índices	Índices de Performance (Variabilidade Total)
PP	0,9848
PPI	0,8717
PPS	1,0978
PPK	0,8717

Fonte: Autoria Própria

Os índices de capacidade do processo calculados, indicam que de acordo com o Quadro 1, o processo mostra uma boa capacidade de processamento, já que apresenta seu Cpk com valor de 1,38. Os dados obtidos para os índices de capacidade encontram-se na Tabela 33.

**Tabela 33. Índices de capacidade do processo para característica de diâmetro ØI no lado A.**

Índices	Índices de Capacidade (Variabilidade Inerente)
CP	1,5672
CPI	1,3872
CPS	1,7471
CPK	1,3872

Fonte: Autoria Própria.

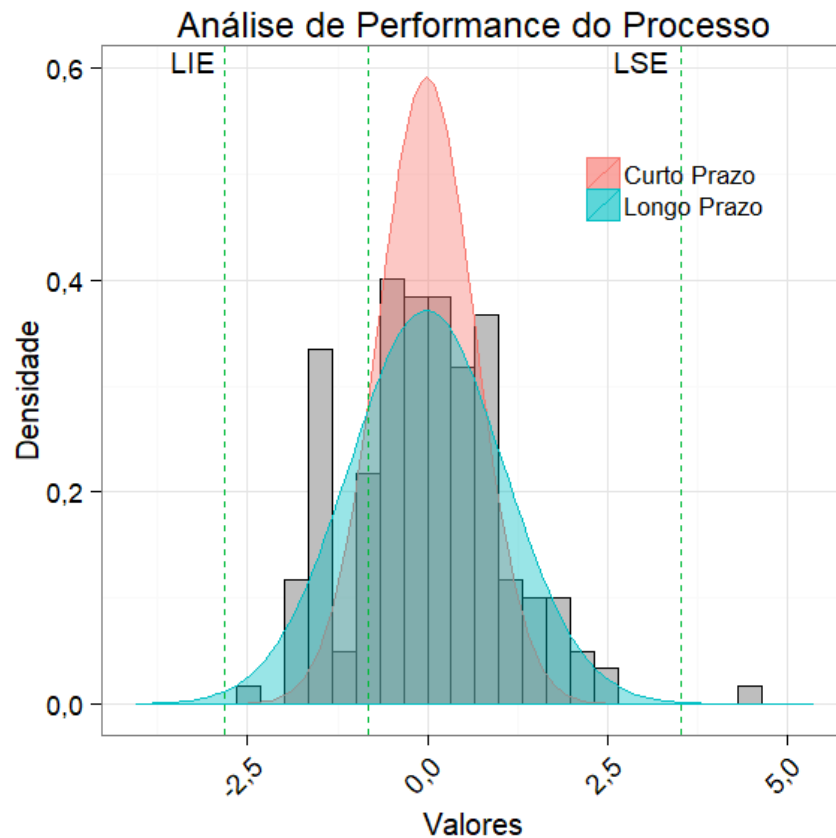
Os índices observados e esperados, de itens produzidos fora dos padrões, a cada um milhão de unidades produzidas, encontram-se na Tabela 34.

**Tabela 34. Índices de produtos produzidos fora do padrão para característica de diâmetro ØT no lado A.**

Indicadores	Índices Observados	Índices Esperados (Variabilidade Total)	Índices Esperados (Variabilidade Inerente)
PPM < LIE	0	4460,318	15,7958
PPM > LSE	5555,5556	494,7004	0,0797
PPM Total	5555,5556	4955,0184	15,8755

Fonte: Autoria Própria

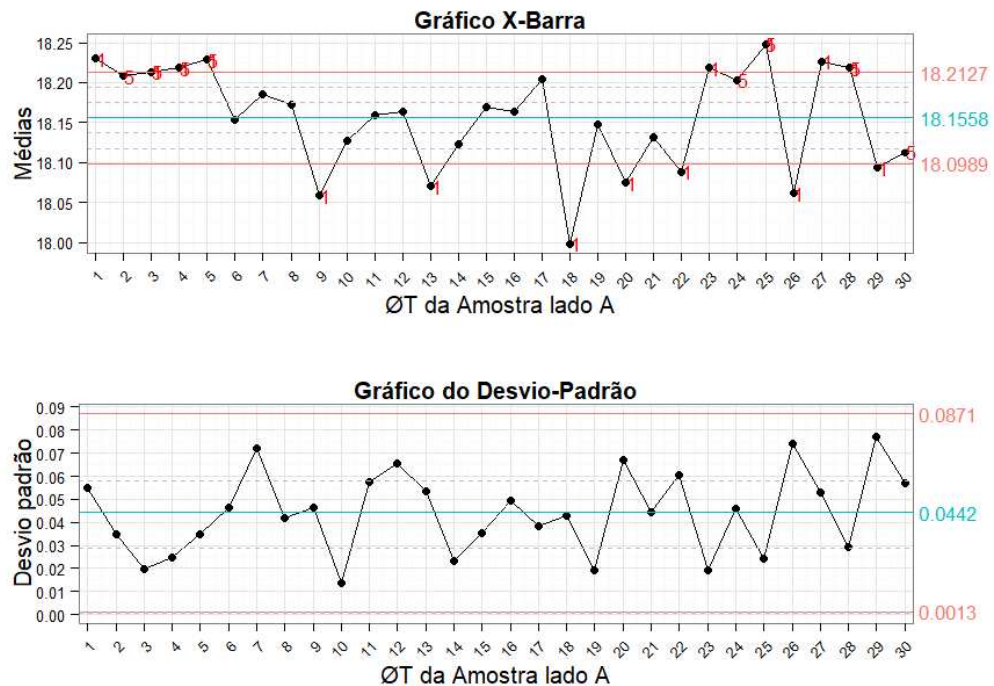
O histograma de análise de performance do processo, indica que existem itens sendo produzidos acima do limite superior estabelecido. Este encontra-se na Figura 27.



**Figura 27. Histograma da análise de performance do processo para característica de diâmetro ØT no lado A.**

Fonte: Autoria Própria

Foi então realizada a análise da estabilidade do processo por meio de gráficos de controle. Estes encontram-se na Figura 28.



**Figura 28. Gráficos de controle para característica de diâmetro ØT no lado A.**  
**Fonte: Autoria Própria.**

A partir dos gráficos, pode-se concluir que o processo se mostrou-se instável, já que infringiu as regras i e v, testadas pelo software Action Stat®: (i) um ponto fora dos limites de controle, (v) dois de três pontos consecutivos maiores que dois desvios da linha central.

#### 5.2.5.2 Análise da característica ØT no lado B

Foi então realizada a análise da mesma característica no lado B da máquina, para que se desse início às análises dos dados inicialmente foi verificada a normalidade dos dados.

A partir do teste de normalidade, verificou-se que o p-valor associado à estatística de Anderson-Darling foi desprezível, portanto ao nível de significância de 5% rejeitamos a hipótese de normalidade. Dado que foi rejeitado a hipótese de normalidade, foi tentado o ajuste por uma transformação de dados.

Foram utilizadas as transformações de Box-Cox e Johnson, porém ambas foram rejeitadas por ser possível normalizar os dados por estas. O passo seguinte foi verificar a possibilidade de utilizar distribuições não normais para o cálculo dos

índices. Neste item verificou-se que nenhuma das distribuições consideradas puderam ser utilizadas para a distribuição dos dados, portanto, precisou-se utilizar o método não paramétrico do núcleo para a análise dos dados.

Os dados do teste para qualidade do ajuste, pelo método não paramétrico podem ser encontrados na Tabela 35.

**Tabela 35. Teste do método não paramétrico do núcleo para característica ØT no lado B.**

Teste	Método	Estatística	P-valor
Cramér-von Mises	gaussian	0,0071	0,99
Kolmogorov-Smirnov	gaussian	0,05	0,978

Fonte: Autoria Própria

Após os ajustes dos dados, foram calculados os indicadores do processo. Os índices de performance encontrados, possuem valores baixos de Pp e PPk, indicando assim que o processo certamente irá produzir itens fora das especificações, de acordo com Kent (2016), e com o Quadro 1. Os dados obtidos para os índices de performance encontram-se na Tabela 36.

**Tabela 36. Índices de performance do processo para característica de diâmetro ØT no lado B.**

Índices	Índices de Performance
PP	0,3216
PPI	1,3062
PPS	0,1742
PPk	0,1742

Fonte: Autoria Própria.

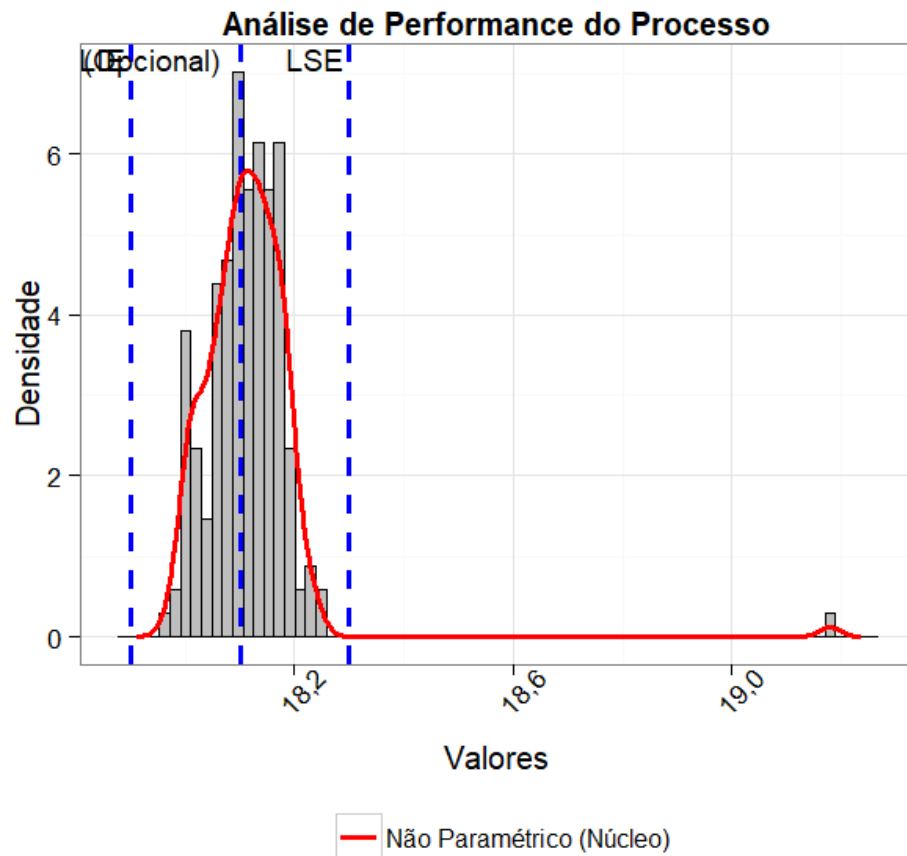
Na Tabela 37 encontram-se os índices observados e esperados de produtos produzidos fora dos padrões por milhão de unidades.

**Tabela 37. Índices de produtos produzidos fora do padrão para característica de diâmetro ØT no lado B.**

Indicadores	Índices Observados	Índices Esperados
PPM > LSE	5555,5556	5557,384
PPM < LIE	0	0
PPM Total	5555,5556	5557,384

Fonte: Autoria Própria

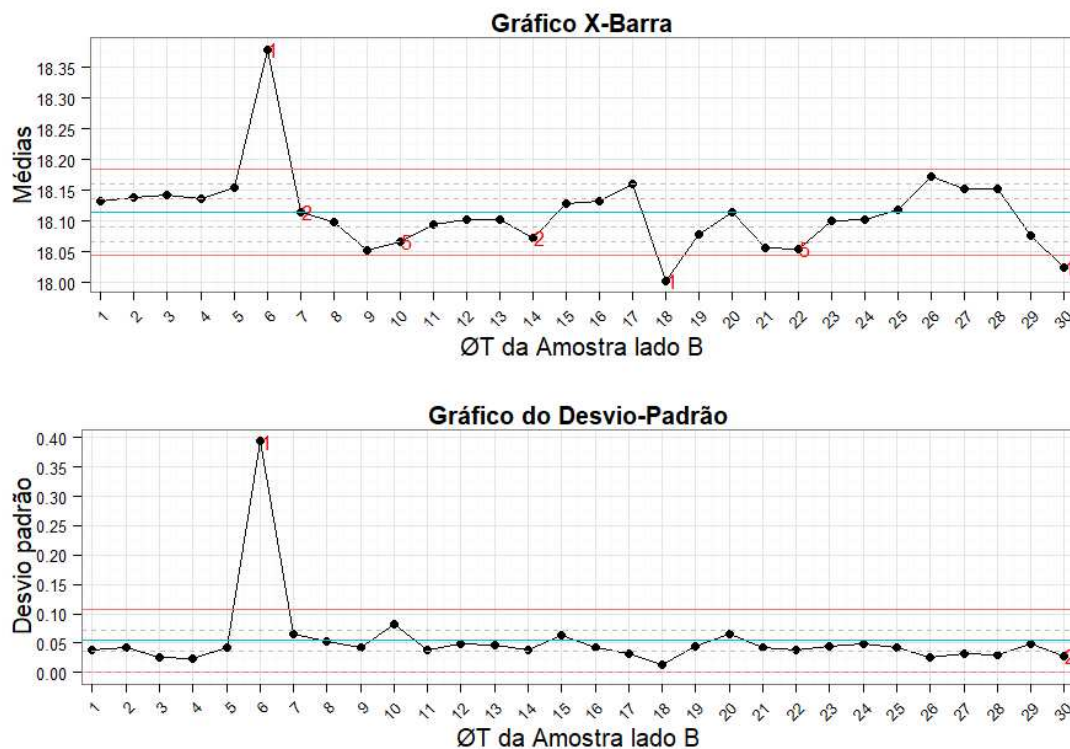
O histograma do processo, indica que existem peças sendo produzidas muito acima do limite superior estabelecido, este pode ser observado na Figura 29.



**Figura 29. Histograma da análise de performance do processo para característica de diâmetro ØT no lado B.**

Fonte: Autoria Própria

A seguir foi analisada a estabilidade do processo, por meio de gráficos de controle, os mesmos encontram-se na Figura 30. Nestes, pode-se concluir que o processo apresenta mudanças e variações, já que infringiu as regras (i), (ii) e (v) testadas pelo software Action Stat®.



**Figura 30. Gráficos de controle para característica de diâmetro ØT no lado B.**  
**Fonte: Autoria Própria**

## 5.2.6 Diâmetro ØTR

### 5.2.6.1 Análise da característica ØTR no lado A

Antes de se dar início às análises, foi feito o teste de normalidade dos dados da característica ØTR.

A partir do teste de normalidade, verificou-se que o p-valor associado à estatística de Anderson-Darling foi 0,0006, portanto ao nível de significância de 5% rejeitamos a hipótese de normalidade. Dado que foi rejeitado a hipótese de normalidade, foi tentado o ajuste por uma transformação de dados.

Foram utilizadas as transformações de Box-Cox e Johnson, porém ambas foram rejeitadas por ser possível normalizar os dados por estas. O passo seguinte foi verificar a possibilidade de utilizar distribuições não normais para o cálculo dos índices.



Neste item verificou-se que nenhuma das distribuições consideradas puderam ser utilizadas para a distribuição dos dados, portanto, precisou-se utilizar o método não paramétrico do núcleo para a análise dos dados.

Os dados do teste para qualidade do ajuste, pelo método não paramétrico podem ser encontrados na Tabela 38.

**Tabela 38. Teste do método não paramétrico do núcleo para característica ØTR no lado A.**

Testes	Método	Estatística	P-valor
Cramér-von Mises	gaussian	0,007	0,972
Kolmogorov-Smirnov	gaussian	0,0611	0,8899

Fonte: Aatoria Própria

Feita a normalização dos dados, foram calculados os indicadores do processo. Os índices de performance do processo, indicam que de acordo com o Quadro 1, itens serão produzidos fora das especificações, já que o índice PPK tem valor inferior a 1. Os valores obtidos encontram-se na Tabela 39.

**Tabela 39. Índices de performance do processo para característica de diâmetro ØTR no lado A.**

Índices	Índices de Performance
PP	1,2346
PPI	0,9401
PPS	1,6354
PPk	0,9401

Fonte: Aatoria Própria

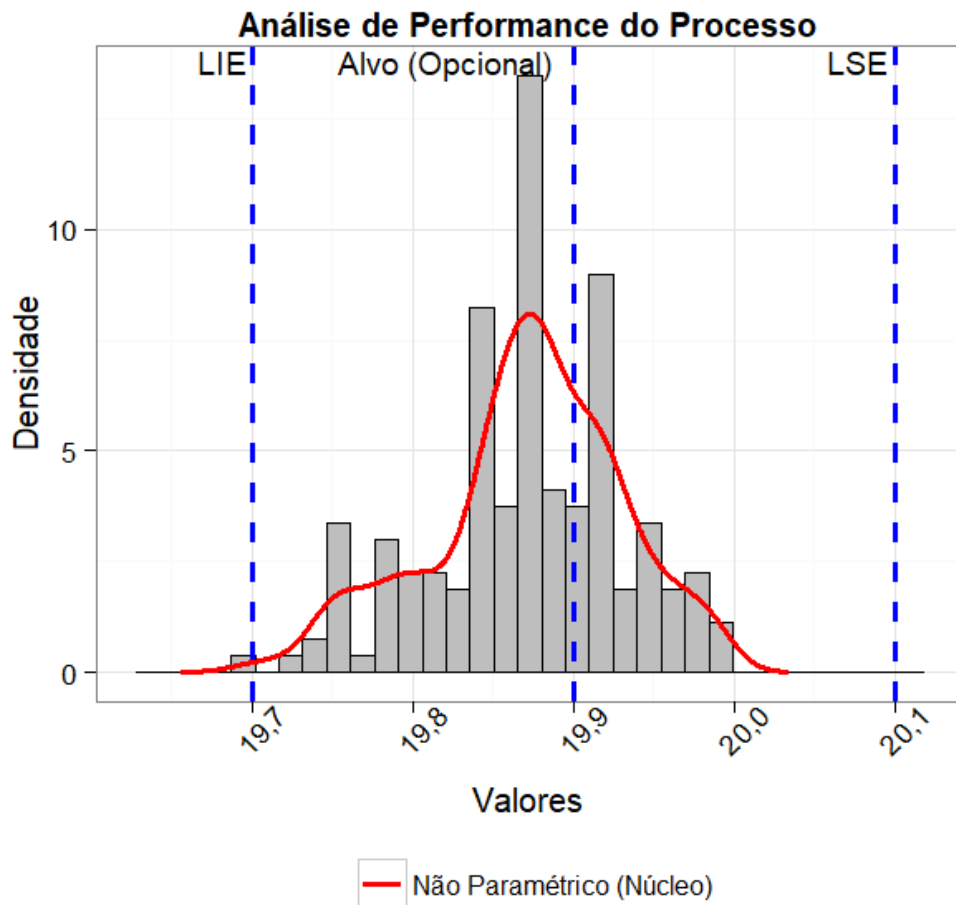
Os índices observados e esperados de itens defeituosos produzidos a cada milhão de unidades fabricadas, estão disponíveis na Tabela 40.

**Tabela 40. Índices de produtos produzidos fora do padrão para característica de diâmetro ØTR no lado A.**

Indicadores	Índices Observados	Índices Esperados
PPM > LSE	0	0
PPM < LIE	0	3317,5112
PPM Total	0	3317,5112

Fonte: Aatoria Própria

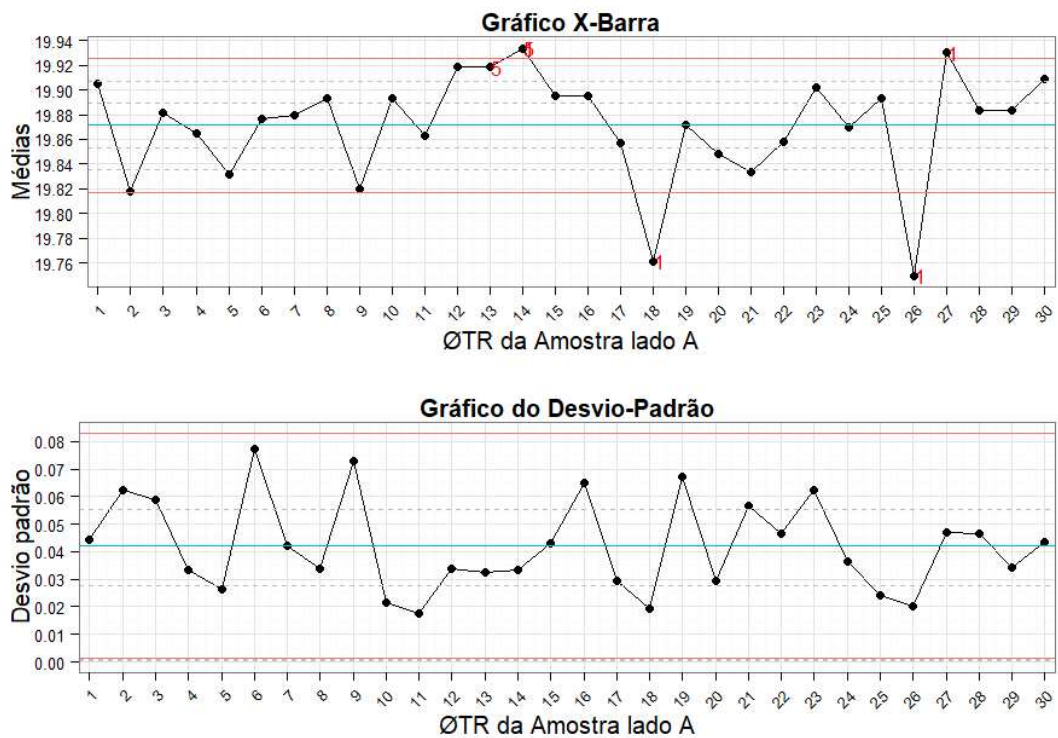
O histograma construído para uma melhor visualização da performance do processo, indica que existem itens sendo produzidos abaixo do limite inferior estabelecido (Figura 31).



**Figura 31. Histograma da análise de performance do processo para característica de diâmetro ØTR no lado A.**  
**Fonte: Autoria Própria**

Ao final foi feita uma análise da estabilidade do processo, para avaliação desta foram construídos gráficos de controle, os mesmos encontram-se na Figura 32.

A partir dos gráficos de controle foi possível concluir que o processo se mostrou instável, já que infringiu a primeira regra testada pelo software Action Stat<sup>®</sup>, contendo pontos acima e abaixo dos limites de controle. Além desta os gráficos indicam que o processo também infringe a regra (v) apresentando dois de três pontos consecutivos maiores que dois desvios da linha central.



**Figura 32. Gráficos de controle para característica de diâmetro ØTR no lado A.**  
**Fonte: Autoria Própria**

#### 5.2.6.2 Análise da característica ØTR no lado B

Inicialmente, foi feito o teste de normalidade dos dados da característica ØTR, de amostra produzidas no lado B da máquina.

A partir do teste de normalidade, verificou-se que o p-valor associado à estatística de Anderson-Darling foi desprezível, portanto ao nível de significância de 5 % rejeitamos a hipótese de normalidade. Dado que foi rejeitado a hipótese de normalidade, foi tentado o ajuste por uma transformação de dados.

Foram utilizadas as transformações de Box-Cox e Johnson, porém ambas foram rejeitadas por ser possível normalizar os dados por estas. O passo seguinte foi verificar a possibilidade de utilizar distribuições não normais para o cálculo dos índices. Neste item verificou-se que nenhuma das distribuições consideradas puderam ser utilizadas para a distribuição dos dados, portanto, precisou-se utilizar o método não paramétrico do núcleo para a análise dos dados.

Os dados do teste para qualidade do ajuste, pelo método não paramétrico podem ser encontrados na Tabela 41.

**Tabela 41. Teste do método não paramétrico do núcleo para característica ØTR no lado B.**

Testes	Método	Estatística	P-valor
Cramér-von Mises	gaussian	0,0107	0,9251
Kolmogorov-Smirnov	gaussian	0,0556	0,944

Fonte: Aatoria Própria

Feitos os ajustes dos dados, foram calculados os indicadores do processo. Os índices de performance do processo indicam que de acordo com Kent (2016), este certamente irá produzir peças fora dos padrões, por possuir seu indicador Pp com valor inferior a 1, além deste o índice Ppk, indica que há uma expectativa de que possam ser observados mais de 2700 defeitos por milhão de unidades produzidas, de acordo com o Quadro 1. Os valores obtidos para os índices de performance encontram-se na Tabela 42.

**Tabela 42. Índices de performance do processo para característica de diâmetro ØTR no lado B.**

Índices	Índices de Performance
PP	0,9901
PPI	0,5982
PPS	1,5485
PPk	0,5982

Fonte: Aatoria Própria

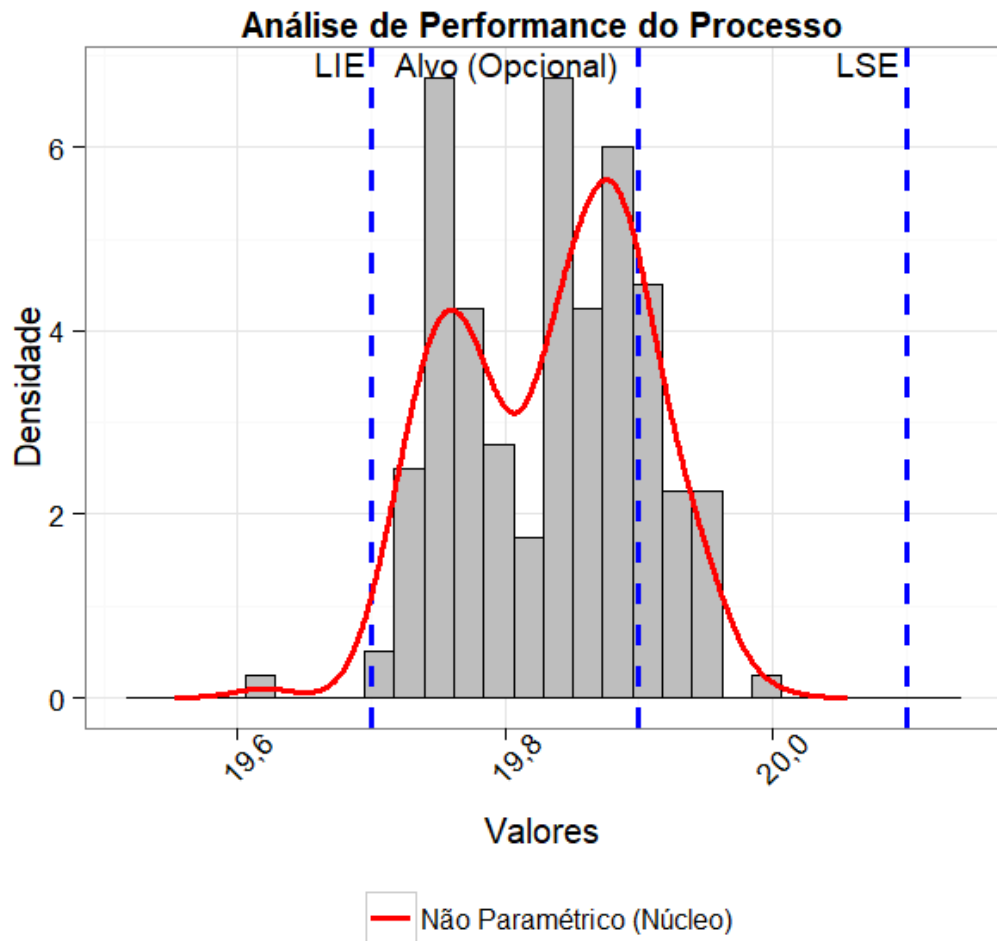
Os valores dos índices observados e esperados de itens sendo produzidos com defeito a cada milhão de unidades produzidas encontram-se na Tabela 43.

**Tabela 43. Índices de produtos produzidos fora do padrão para característica de diâmetro ØTR no lado B.**

Indicadores	Índices Observados	Índices Esperados
PPM > LSE	0	0
PPM < LIE	5555,5556	22188,4089
PPM Total	5555,5556	22188,4089

Fonte: Aatoria Própria

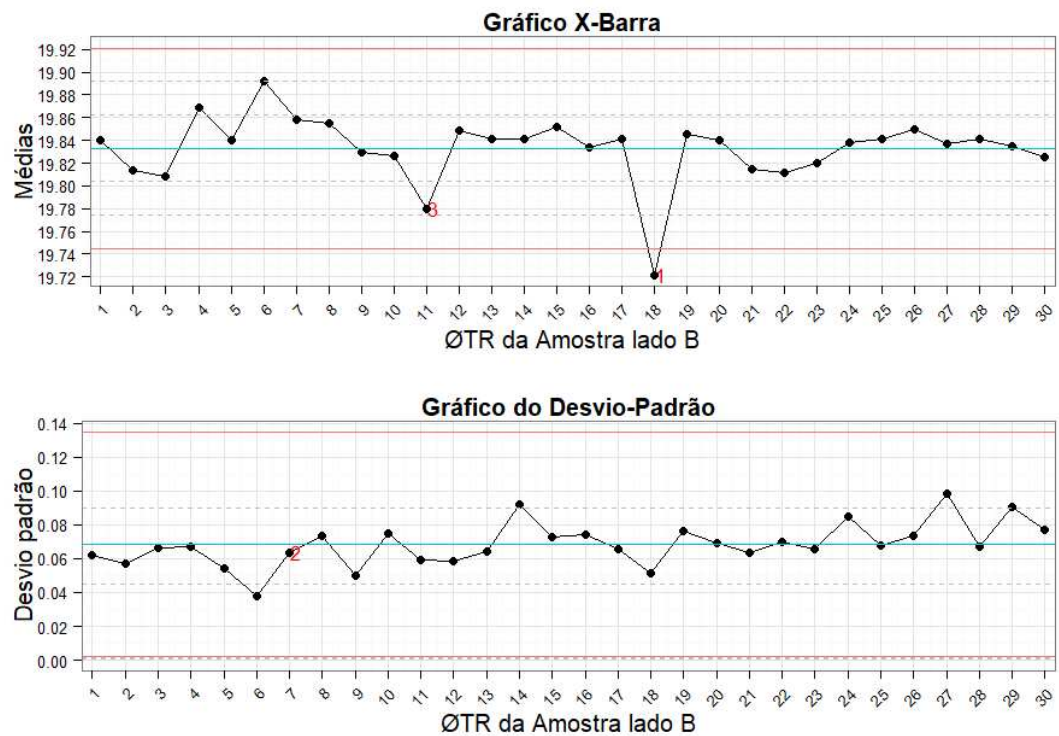
O histograma da performance do processo, indica que existem itens sendo produzidos abaixo do limite inferior estabelecido, e ainda que este possui dois picos, um sendo localizado próximo ao alvo, outro perto do limite inferior, porém ainda dentro dos padrões (Figura 33).



**Figura 33. Histograma da análise de performance do processo para característica de diâmetro ØTR no lado B.**

**Fonte: Autoria Própria**

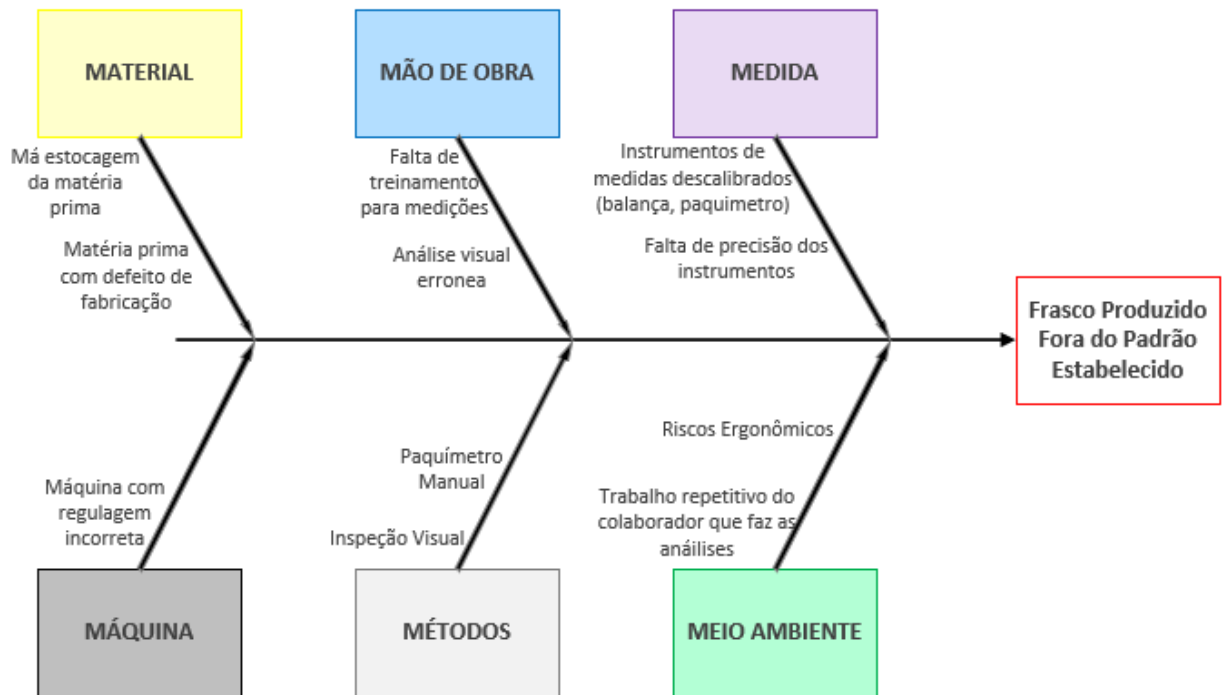
Foi então realizada a análise da estabilidade do processo, a avaliação desta, ocorreu por meio da análise dos gráficos de controle construídos. Neste pode-se observar que o processo possui apenas um ponto abaixo do limite inferior estabelecido, se relacionando à primeira regra testada, e ainda indica que o processo apresenta mudanças e variações relacionadas as regras (ii) e (iii), apresentando sete ou mais pontos em sequência no mesmo lado da linha, e seis ou mais pontos em sequência, todos crescentes ou decrescentes, respectivamente. Os gráficos podem ser observados na Figura 34.



**Figura 34. Gráficos de controle para característica de diâmetro ØTR no lado B.**  
**Fonte: Autoria Própria**

### 5.3 DIAGRAMA DE ISHIKAWA

Tendo em vista os baixos índices de performance e capacidade encontrados, e a falta de estabilidade no processo indicados pelos gráficos de controle, fez-se necessária a construção de um diagrama de Ishikawa do processo, para que as possíveis causas das variações no processo fossem identificadas. O diagrama construído encontra-se na Figura 35.



**Figura 35. Diagrama de Ishikawa para o processo.**  
**Autor: Autoria Própria**

Tendo em vista que não foi possível o acompanhamento do processo durante um período de tempo, para identificação das causas reais, o diagrama foi construído com base nas possíveis causas, que poderiam levar a produção de frascos fora dos padrões.

Com relação aos materiais utilizados, existe a possibilidade de que a matéria prima, possa influenciar na qualidade final do produto. Caso os insumos para a produção do processo, estejam sendo armazenados de forma incorreta, pode-se haver uma alteração nas propriedades do mesmo, influenciando no resultado final, existe ainda a possibilidade de que a matéria prima venha com defeito de fabricação, neste caso é necessário o contato com o fornecedor para que haja a verificação da qualidade do insumo, verificando se este é um problema ocasional ou recorrente, no segundo cenário é sugerida a troca do fornecedor.

As análises feitas sobre os frascos produzidos, são realizadas manualmente com o auxílio de equipamentos como, balança para aferir o peso, e paquímetro para aferir as medidas de alturas e diâmetros. Pelo fato de as análises serem feitas pelos funcionários de forma manual, estas estão sujeitas a possíveis erros de medição, tais erros podem estar relacionados à falta de treinamento e capacitação do funcionário

responsável pelas análises, ainda pode ser relacionada à falta de capacidade de manuseio dos equipamentos para as medições, nestes podem ocorrer erros onde os valores medidos são diferentes dos reais.

As medidas e métodos utilizados também podem influenciar nos valores das análises, um paquímetro manual por exemplo, tem uma margem de segurança e precisão inferior a um digital, é de suma importância que todos os equipamentos de medição estejam sempre calibrados para que não ocorram variações. Para um controle mais preciso das medidas, poderia ser adotado um sistema conjunto, onde o paquímetro digital poderia lançar os dados diretamente no sistema de controle da empresa, evitando dados incorretos, e garantindo que os dados presentes no controle são os dados reais de medição.

Outro fator que pode influenciar nas variações dos produtos produzidos, pode estar relacionado à máquina que produz os frascos, a falta de manutenção e a regulagem incorreta desta, pode acarretar em produtos sendo produzidos fora das especificações.

Por fim outro agente encontrado que pode ocasionar a produção fora dos padrões é o meio ambiente do trabalho, neste fatores ergonômicos como a altura das bancadas, e baquetas, em como a altura das máquinas, iluminação dentre outros fatores, podem influenciar tanto nas análises quanto ao operador da máquina, já que estes são fatores que podem causar fadigas aos colaboradores, influenciando para que estes possam estar produzindo abaixo do seu ritmo de produção, bem como levar a acidentes e erros no processo.



## 6. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente trabalho, permitiu que fosse feita uma análise do estado atual em que o processo de produção de frascos plásticos se encontra. A partir desta, verificou-se que o mesmo se encontra instável, e também não apresenta uma boa capacidade e performance, já que na maioria das características analisadas os gráficos, índices e tabelas mostraram dados insatisfatórios para os padrões exigidos pela empresa.

As causas que podem levar a tais irregularidades no processo, foram especuladas através do diagrama de Ishikawa, podendo levar a encontrar as causas reais das alterações ocorrendo no processo.

Tendo o estado atual do processo mapeado em termos estatísticos, é sugerida que uma continuação da pesquisa seja feita, porém desta vez com um acompanhamento real do processo, para que seja feita uma melhor análise na matéria prima, nos métodos utilizados, e todos os outros fatores que influenciam no produto final, assim podendo chegar as causas raiz dos problemas, e eliminá-los afim de otimizar o processo e promover ganhos.

Para a continuação da pesquisa, também é sugerida, a implementação de algumas ferramentas que não foram utilizadas neste estudo, como a folha de verificação, onde poderiam ser anotados os defeitos encontrados nos produtos já no momento de medição, este possibilitaria uma melhor identificação das principais falhas; o diagrama de Pareto, para que as causas reais principais dos problemas pudessem ser identificadas e relacionadas as falhas, possibilitando encontrar os maiores agentes causadores de anomalias no processo, e procurar uma possível solução para eliminá-los; utilizando-se também do gráfico de dispersão para estudar a possível relação entre causa e efeito.

Por fim, conclui-se que as ferramentas de controle estatístico de processo, se mostram uteis e permitiram um amplo conhecimento do processo, indicando o estado atual em que o mesmo se encontra, e identificando falhas e anomalias nos produtos sendo fabricados, se utilizada de forma constante para um bom monitoramento do processo esta possibilita a erradicação das causas dos problemas, promovendo a otimização do processo e produtos sendo produzidos com uma melhor qualidade.

## REFERÊNCIAS

ABRAFARMA, Banco de Dados. **Grandes Números Abrafarma: Ano base 2015**. 2016. Disponível em: <[https://docs.wixstatic.com/ugd/03661a\\_fb59a67aa92b42bbb2651f71c99762f0.pdf](https://docs.wixstatic.com/ugd/03661a_fb59a67aa92b42bbb2651f71c99762f0.pdf)>. Acesso em: 18 maio 2018.

BARBOSA, Janaína Medeiros Dantas. **Influência da areia argilosa na recuperação de petróleo por injeção de vapor**. 2009. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciência e Engenharia de Petróleo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

BARRETO, M. G. P. **Controladoria na Gestão: a relevância dos custos da qualidade**. São Paulo: Saraiva, 2008.

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro; MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick; GEROLAMO, Mateus Cecílio. **Gestão da Qualidade:ISO 9001:2008**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

CARVALHO MM, PALADINI EP. **Gestão da qualidade: teoria e casos**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2005. 355p

COSTA, Antonio Fernando Branco. **Controle estatístico de qualidade** / Antonio Fernando Branco Costa, Eugenio Kahn Eppercht, Luiz Cesar Ribeiro Carpinetti, - 2ed. - 6 reimpr. – São Paulo : Atlas, 2012.

DJEKIC, I., SMIGIC, N., TOMIC, N., RAJKOVIC´, A. Statistical process control in Serbian food packaging. **International Journal for Quality Research**, [S l.], v.8, n.3, p.323–334, 2014.. ISSN 1800-6450

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**; coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. – 5. Ed. – São Paulo: Atlas, 2010.

HACKMAN, J.R. E R. WAGEMAN. **Total Quality Management: Empirical, Conceptual, and Practical Issues**. Administrative Science Quarterly 40 June, 1995.

HARBOR – Informática Industrial. **Capacidade e Performance: entenda os índices Cp, Cpk, Pp e Ppk**. Disponível em: <https://www.harbor.com.br/harbor-blog/2017/07/06/capacidade-performance-significado/>. Acesso em: 23 set. 2018.

KENT, R. Statistical Process Control (SPC) – (Cap.5). KENT, R. (Ed.). Quality Management. In **Plastics Processing**. Elsevier,2016, p.125-182. ISBN 9780081020821. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102082-1.50005-8>.

LELIS, Eliacy Cavalcante. **Administração da Produção**, São Paulo, 2012

LOBO, Renato Nogueirol. **Gestão da Qualidade**. -1ed. – São Paulo : Érica, 2010.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados**. 7. Ed. / 7. Reimipr. – São Paulo: Atlas, 2013.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

NETO, O. J. O. de et al. CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco. **Aplicação Do Diagrama De Causa E Efeito E Da Análise 62 Swot Na Definição De Prioridades Em Uma Propriedade Rural Especializada Em Cria De Bovinos**. Goiânia: Sober, 2008. 19 p. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/9/250.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2016.

PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da qualidade teoria e prática**. 2ed. – São Paulo: Atlas, 2004.

PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da Qualidade: teoria e prática**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

RIBEIRO, J. L. D.; CATEN, C. S. **Série monográfica Qualidade Controle Estatístico do Processo**. Cartas de Controle para Variáveis, Cartas de Controle

para Atributos, Função de Perda Quadrática, Análise de Sistemas de Medição. Porto Alegre: Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, 2012. 165p. Série monográfica

RAMOS, Paulo; RAMOS, Magda Maria; BUSNELLO, Saul José. **Manual prático de metodologia da pesquisa**: artigo, resenha, projeto, TCC, monografia, dissertação e tese.

ROSSI, F.; MIRTICHEV, V. Process Capability (Cap 09). In: ROSSI, F.; MIRTICHEV, V. (Ed.). **Statistics for Food Scientists**. Academic Press, 2016a, p. 91-104. ISBN 9780124171794. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417179-4.00009-3>.

ROSSI, F.; MIRTICHEV, V. Statistical Process Control (SPC) (Cap 07). In: ROSSI, F.; MIRTICHEV, V. (Ed.). **Statistics for Food Scientists**. Academic Press, 2016b, p. 71-81. ISBN 9780124171794. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417179-4.00007-X>.

SCHISSATTI, Márcio Luiz. **Uma Metodologia de Implantação de Cartas de Shewhart para o Controle de Processos**. Florianópolis, 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 1998.

TRIVELLATO, Arthur Antunes. **Aplicação das sete ferramentas básicas da qualidade no ciclo PDCA para melhoria contínua : Estudo de caso numa empresa de autopeças**. 2010. 73 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de 63 Produção Mecânica, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010. Disponível em: <<http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180830/tce-19012011-162523/?&lang=br>>. Acesso em: 22 set. 2016.

WALLIS, G.; WEIL, D.; MADI, L. F. C. **O Mercado de Embalagem no Brasil**. In: **BRASIL pack trends 2020**. Campinas: ITAL, 2012. cap. 1, p. 11-41

WEHBE, Decio Carvalho. **Como Montar uma Fábrica de Embalagens Plásticas**. 2018. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/como-montar-uma-fabrica-de-embalagens-plasticas,68497a51b9105410VgnVCM1000003b74010aRCRD>>. Acesso em: 17 maio 2018.